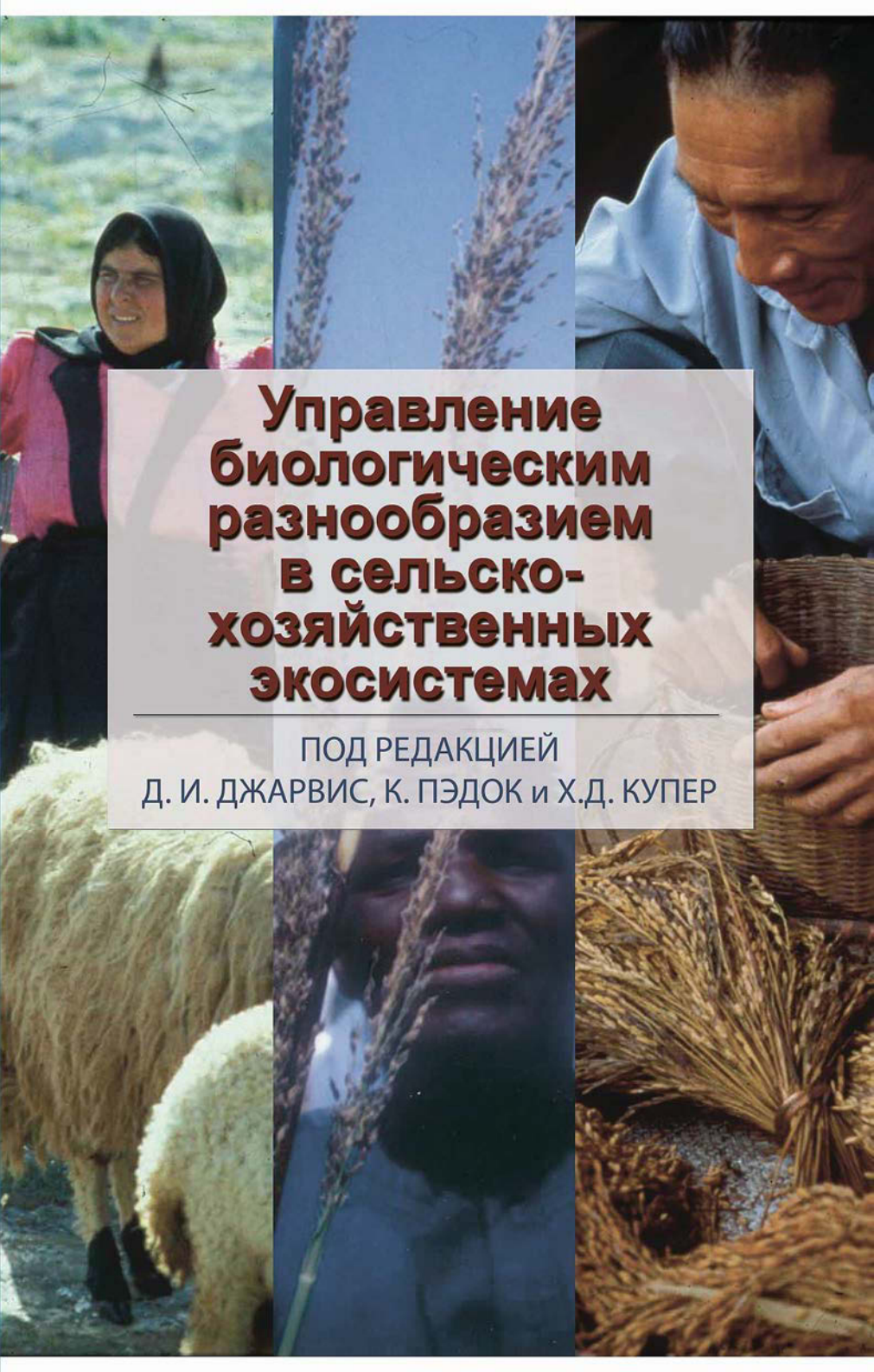




Управление биологическим разнообразием в сельско- хозяйственных экосистемах

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
Д. И. ДЖАРВИС, К. ПЭДОК и Х.Д. КУПЕР

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Управление биологическим разнообразием в сельскохозяйственных экосистемах



Управление биологическим разнообразием в сельскохозяйственных экосистемах

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Д. И. ДЖАРВИС, К. ПЭДОК И Х.Д. КУПЕР

Издано Bioversity International



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IDRC



CRDI



UNITED NATIONS
UNIVERSITY



Copyright © 2007 Bioversity International
All rights reserved

С 1 декабря 2006 г. IPGRI и Международная сеть по улучшению обыкновенного банана и овощного банана (INIBAP) работают под названием «Bioversity International».

Использованные названия и материал, представленный в данной публикации, не предназначены для выражения какого-либо мнения со стороны Международного Института Генетических Ресурсов Растений, Секретариата Конвенции по Биологическому Разнообразию, Университета Объединенных Наций, Международного Научно-Исследовательский Центра по Развитию и Агентства Швейцарии по Международному Развитию и Сотрудничеству в отношении правового статуса любого государства, территории, города или местности, или их администрации, а также касательно разграничения их границ.

Такие термины как «экономически развитые» и «экономически развивающиеся» страны предназначены для удобства в описании статистики и не обязательно выражают мнение об этапе развития, достигнутом определенной страной, территорией или местностью.

Мнения, выраженные здесь, являются мнениями авторов и не обязательно представляют мнения Международного Института Генетических Ресурсов Растений, Секретариата Конвенции по Биологическому Разнообразию, Университета Объединенных Наций, Международного Исследовательского Центра Развития Канады и Агентства Швейцарии по Международному Развитию и Сотрудничеству.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data
Managing biodiversity in agricultural ecosystems / edited by D. I. Jarvis, C. Padoch,
and H. D. Cooper.

Первоначально опубликован на английском языке под названием «Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems», под редакцией Д. Джарвис, К. Пэдок и Х.Д. Купер, Columbia University Press. Copyright © 2007 Bioversity International

p. cm.

ISBN 13: 978-92-9043-823-6

1. Agrobiodiversity. 2. Agricultural ecology. I. Jarvis, Devra I. (Devra Ivy),
1959- II. Padoch, Christine. III. Cooper, H. D. (H. David)
S494.5.A43M36 2007
630—dc22

2006031672

c 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Эта книга посвящена нашим детям—

Рафаэлле, Софии, Чарли и Данкану—

которые связывают наш сегодняшний мир с будущим.

	Выражение признательности	xi
	Авторы статей	xiii
1	Биоразнообразие, сельское хозяйство и услуги экосистем Д. И. ДЖАРВИС, К. ПЭДОК и Х.Д. КУПЕР	1
2	Измерение, управление и поддержание генетического разнообразия культур в условиях ферм А. Х. Д. БРАУН и Т. ХОДЖКИН	15
3	Названия сортов: введение в генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур и их распределение в сельскохозяйственных экосистемах М. САДИКИ, Д. ДЖАРВИС, Д. РИДЖАЛ, ДЖ. БАДЖРАЧАРЬЯ, Н.Н. ХЬЮ, Т.С. КАМАЧО-ВИЛЛА, Л.А. БЁРГОС-МЕЙ, М. САУАДОГО, Д. БАЛМА, Д. ЛОУП, Л. АРИАС, И. МАР, Д. КАРАМУРА, Д. УИЛЬЯМС, ДЖ. Л. ШАВЕЗ-СЕРВИЯ, Б. СТАПИТ и В. Р. РАО	37
4	Системы семеноводства и генетическое разнообразие культур в агроэкосистемах Т. ХОДЖКИН, Р. РЭНА, ДЖ. ТАКХИЛЛ, Д. БАЛМА, А. СУБЕДИ, И. МАР, Д. КАРАМУРА, Р. ВАЛЬДИВИЯ, Л. КОЛЛАДО, Л. ЛАТУРНЕРИ, М. САДИКИ, М. САВАДОГО, А. Х. Д. БРАУН и Д. И. ДЖАРВИС	79

5	Измерение разнообразия как вклад в принятие решений по сохранению генетических ресурсов крупного рогатого скота ДЖ. П. ГИБСОН, У. АЙАЛЬЮ и О. ХАНОТТЕ	119
6	Управление генетическими ресурсами сельскохозяйственных животных: изменения и взаимодействие И. ХОФФМАН	143
7	Акватическое биоразнообразие в экосистемах на основе рисоводства М. ХОЛУОРТ и Д. БАРТЛИ	185
8	Услуги опылителей П. Г. КЕВАН и В. А. ВОЖЧИК	203
9	Управление разнообразием почв в сельскохозяйственных экосистемах Г. Г. БРАУН, М. ДЖ. СВИФТ, Д.Э. БЕННАК, С. БАННИНГ, А. МОНТАНЬЕЗ, и Л. БРУССААРД	227
10	Разнообразие и борьба с вредителями в агроэкосистемах: некоторые перспективы из экологии А. УИЛБИ и М.Б. ТОМАС	273
11	Борьба с болезнями сельскохозяйственных культур в традиционных агроэкосистемах: польза и опасности для генетического разнообразия Д.И. ДЖАРВИС, А.Х.Д. БРАУН, В. ИМБРЮС, ДЖ. ОЧОА, М. САДИКИ, Е. КАРАМУРА, П. ТРУТМАНН, М.Р. ФИНКХ	296
12	Диверсификация сортов сельскохозяйственных культур для контроля над болезнями У.У. ЗУ, У.У. ВАНГ и Ж.Х. ЗОУ	324

13	Управление биологическим разнообразием на сложных, с точки зрения времени и пространства, сельскохозяйственных ландшафтах Х. БРУКФИЛД и К. ПЭДОК	342
14	Разнообразие и инновации в системе мелких землевладельцев в ответ на экологические и экономические изменения К. РЕРКАСЕМ и М. ПИНЕДО-ВАСКЕС	366
15	Агробιοразнообразие, питание и здоровье человека Т. ДЖОНС	386
16	Сравнение выборов фермеров и селекционеров: ценность местных сортов риса в непале Д. ГОЧАН и М. СМЭЙЛ	410
17	Экономика сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов домашних животных: современное состояние А. Г. ДРУКЕР	430
18	Экологическая и экономическая роли биологического разнообразия в агроэкосистемах М. ЧЕРОНИ, С. ЛИУ и Р. КОСТАНЗА	451

Выражение благодарности

Редакторы хотели бы выразить благодарность правительству Канады (МНИЦР, Международный Научно-Исследовательский Центр по Развитию) и Швейцарии (Агентство Швейцарии по Развитию и Сотрудничеству) за щедрое финансовое содействие в написании данной книги.

Большинство представленных работ в данной публикации были осуществлены при любезной поддержке правительства Швейцарии (Агентство Швейцарии по Развитию и Сотрудничеству), Нидерландов (Главное Управление по Международному Развитию), Германии (Федеральное министерство по экономическому сотрудничеству / Германское агентство по техническому сотрудничеству), Японии (Агентство Японии по Международному Сотрудничеству), Канады (МНИЦР), Испании и Перу, а также Глобального Экологического Фонда Экологической Программы ООН, Секретариата Конвенции по Биологическому Разнообразию и Организации ООН по продовольствию и сельскому хозяйству.

Мы благодарны многим нашим коллегам, которые помогли в создании книги; выражаем особую благодарность Стиву Клементу, Чарльзу Спиллейну, Жан Луи Фаму, Линде Коллетт, Джулии Ндунгу-Скилтон, Бит Шерф и Паоле Де Сантис. Несколько анонимных критиков предоставили актуальные критические обзоры глав. Хотелось бы выразить особую благодарность Линде Сиерс за тщательную и своевременную редакцию глав данной книги.

В заключении, мы выражаем искреннюю и глубокую признательность многим участникам, чьи имена и должности не были упомянуты в данной работе. Многие фермеры, специалисты по развитию и просвещению, исследователи и государственные служащие, участвовавшие во многих исследованиях, представленных данной книге – именно они сделали создание книги возможным.

Авторы статей

F. Ahkter	The Centre for Policy Research for Development Alternatives, Bangladesh Центр политических исследований альтернатив развития, Бангладеш
L. Arias	Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Incipiente Proyección Nacional, Mérida, Yucatán, Mexico Центр исследований и повышения квалификации, Мерида, Юкатан, Мексика
W. Ayalew	International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya Международный научно-исследовательский институт животноводства, Найроби, Кения
J. Bajracharya	Agriculture Botany Division, Nepal Agriculture Research Council, Khumaltar, Lalitpur, Nepal Отдел сельскохозяйственной ботаники, Непальский сельскохозяйственный исследовательский совет, Хумалтар, Лилитпур, Непал
D. Balma	Direction de la Recherche Scientifique, Ouagadougou, Burkina Faso Управление научных исследований, Уагадугу, Буркина-Фасо
D. Bartley	FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service, Rome, Italy Служба внутренних водных ресурсов и аквакультуры (ФАО), Рим, Италия
D. E. Bennack	Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, Mexico Институт экологии, Халапа, Веракрус, Мексика
H. Brookfield	Australian National University, ACT 0200, Australia Австралийский национальный университет, ТФС 0200, Австралия

A. H. D. Brown	Centre for Plant Biodiversity Research, CSIRO Plant Industry, Canberra, Australia Научно-исследовательский центр Растительного разнообразия, Растительная промышленность НПИОСН, Канберра, Австралия
G. G. Brown	Soil Invertebrate Laboratory, Embrapa Soybean, Londrina, pr, Brazil Лаборатория почвенных беспозвоночных, соя Embrapa, микрорегион Лондрина, Бразилия
L. Brussaard	Wageningen University, Soil Quality Section, Wageningen, The Netherlands Вагенингенский университет, Отделение качества почвы, Нидерланды
S. Bunning	Land and Plant Nutrient Management Service (AGLL), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy Сервис управления питательными веществами для растений и земель (AGLL), Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, Рим, Италия
L. A. Burgos- May	Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Incipiente Proyección Nacional, Mérida, Yucatán, Mexico Центр исследований и повышения квалификации, Мерида, Юкатан, Мексика
T. C. Camacho- Villa	Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Incipiente Proyección Nacional, Mérida, Yucatán, Mexico, and Wageningen University and Research Center, Participatory Approaches Studies, Wageningen, The Netherlands Центр исследований и повышения квалификации, Мерида, Юкатан, Мексика и Вагенингенский университет и Научно-исследовательский центр, Исследования совместных подходов, Вагенинген, Нидерланды
M. Ceroni	Department of Botany and Gund Institute for Ecological Economics, University of Vermont, USA Департамент ботаники и Гундский институт экологической экономики, Вермонтский университет, США
J. L. Chavez-Servia	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional–Instituto Politecnico Nacional, Oaxaca, Mexico Междисциплинарный исследовательский центр по комплексному развитию на региональном уровне -Национальный Политехнический институт, Оахака, Мексика

L. Collado	Consortio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali, Pucallpa, Perú Консорциум по устойчивому развитию Укаяли, Пукальпа, Перу
H. D. Cooper	Secretariat, Convention on Biological Diversity, Montreal, Quebec, Canada Секретариат, Конвенция по Биологическому Разнообразию, Монреаль, Квебек, Канада
R. Costanza	Rubenstein School of Environment and Natural Resources and Gund Institute for Ecological Economics, University of Vermont, USA Рубенштейнская школа окружающей среды и природных ресурсов и Гундский университет экологической экономики, Вермонтский университет, США
M. Dijmadoum	Fédération National des Groupements Naam, Ouahigouya, Burkina Faso Национальная федерация группы Наам, Уахигуйю, Буркина-Фасо
A. G. Drucker	School of Environmental Research, Charles Darwin University, Australia Школа экологических исследований, Университет Чарльза Дарвина, Австралия
M. R. Finckh	Department of Ecological Plant Protection, University of Kassel, Wutzenhausen, Ecological Agricultural Science, Germany Департамент экологической защиты растений, Кассельский университет, Вуденхаузен, Экологическая агрономия, Германия
B. M. Freitas	Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brazil Департамент зоотехники, Университет Сеара, Форталеза, Бразилия
D. Gauchan	Nepal Agricultural Research Council, Kathmandu, Nepal Непальский совет сельскохозяйственных исследований, Катманду, Непал
B. Gemmill	African Pollination Initiative, Nairobi, Kenya Африканская программа по опылению, Найроби, Кения
J. P. Gibson	Institute for Genetics and Bioinformatics Homestead, University of New England, Armidale NWS 2351, Australia Институт генетики и биоинформатики Хомстедский университет Новой Англии, Армидейл, Новый Южный Уэльс, Австралия

M. Halwart	Inland Water Resources and Aquaculture Service, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy Служба внутренних водных ресурсов и аквакультуры, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, Рим, Италия
O. Hanotte	International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya Международный научно-исследовательский институт животноводства, Найроби, Кения
T. Hodgkin	International Plant Genetic Resources Institute, Maccarese, Rome, Italy Международный институт генетических ресурсов растений, Маккаресе, Рим, Италия
I. Hoffmann	Animal Production Service, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy Служба животноводства, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, Рим, Италия
N. N. Hue	Vietnamese Agricultural Science Institute, Hanoi, Vietnam Вьетнамский институт агрономии, Ханой, Вьетнам
V. Imbruce	New York Botanical Garden, Bronx, NY, USA Нью-Йоркский ботанический сад, Бронкс, Нью-Йорк, США
D. I. Jarvis	International Plant Genetic Resources Institute, Maccarese, Rome, Italy Международный институт генетических ресурсов растений, Маккаресе, Рим, Италия
T. Johns	Centre for Indigenous Peoples' Nutrition and Environment and School of Dietetics and Human Nutrition, McGill University, Ste. Anne de Bellevue, Quebec, Canada Центр питания коренного населения и экологии и школа диететики и питания человека, Университет Макджилл, Ste. Anne de Bellevue, Квебек, Канада
D. Karamura	International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Kampala, Uganda Международная сеть улучшения обычных и овощных бананов, Кампала, Уганда
E. Karamura	International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Kampala, Uganda Международная сеть улучшения обычных и овощных бананов, Кампала, Уганда

- P. G. Kevan Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada
Отделение биологии окружающей среды, Гуэлф, Онтарио, Канада
- L. Latournerie Instituto Tecnológico Agropecuario de Condal (SIGA-ITA2), Mérida- Motul, Condal, Yucatán, Mexico
Кондальский Сельскохозяйственный технический институт (SIGA-ITA2), Мерида-Мотул, Кондаль, Юкатан, Мексика
- D. Lope Fundación Kan Uak, A.C. Mérida, Yucatán, Mexico, and Wageningen University and Research Center, Bio-Cultural Diversity Studies, Wageningen, The Netherlands
Фонд Kan Uak, А.С. Мерида, Юкатан, Мексика и Вагенингенский университет и Исследовательский центр, Исследования био-культурного разнообразия, Вагенинген, Нидерланды
- S. Liu Rubenstein School of Environment and Natural Resources and Gund Institute for Ecological Economics, University of Vermont, USA
Рубенштейнская школа окружающей среды и природных ресурсов и Гундский университет экологической экономики, Вермонтский университет, США
- I. Mar Institute for Agrobotany, Tapioszele, Hungary
Институт агроботаники, Тапиоселе, Венгрия
- A. Montañez Adriana Montañez, Universidad de Montevideo, Uruguay
Адриана Монтаньез, Университет Монтевидео, Уругвай
- A. Ochieng University of Nairobi, Department of Botany, Nairobi, Kenya
Университет Найроби, Кафедра ботаники, Найроби, Кения
- J. Ochoa Estación Experimental, Santa Catalina, Quito, Ecuador
Опытная станция, Санта-Каталина, Кито, Эквадор
- C. Padoch The New York Botanical Garden, Bronx, New York
Нью-Йоркский ботанический сад, Бронкс, Нью-Йорк, США
- U. Partap International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal
Международный центр комплексного освоения горных районов, Катманду, Непал
- M. Pinedo- Vasquez Center for Environmental Research and Conservation, Columbia University, New York, NY, USA
Центр экологических исследований и сохранения, Колумбийский университет, Нью-Йорк, США

R. Rana	Local Initiatives for Biodiversity, Research and Development, Pokhara, Nepal Местные программы биологического разнообразия, исследования и развития, Похара, Непал
V. R. Rao	International Plant Genetic Resources Institute, Regional Office for Asia, Pacific, and Oceania, Serdang, Malaysia Международный институт генетических ресурсов растений, Региональное представительство в Азии, Тихоокеанском регионе и Океании, Серданг, Малайзия
K. Rerkasem	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand Факультет сельского хозяйства, Университет Чианг Май, Чианг Май, Тайланд
D. Rijal	Local Initiatives for Biodiversity, Research and Development, Pokhara, Nepal, and Noragric, Norwegian University of Life Sciences, Aas, Norway Местные программы биологического разнообразия, исследования и развития, Похара, Непал и Норагрик, Норвежский университет биологических наук, Аас, Норвегия
M. Sadiki	Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département d'Agronomie et d'Amélioration des Plantes, Rabat, Morocco Институт сельского хозяйства и ветеринарии Хасана II, Департамент агрономии и мелиорации растений, Рабат, Марокко
M. Sawadogo	University of Ouagadougou, Unité de Formation et de Recherche en Science de la Vie et de la Terre, Ouagadougou, Burkina Faso Университет Уагадугу, Группа подготовки кадров и исследований в области наук о жизни и Земле, Уагадугу, Буркина-Фасо
M. Smale	International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, and International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA Международный институт генетических ресурсов растений, Рим, Италия и Международный научно-исследовательский институт продовольственной политики, Вашингтон, Округ Колумбия, США
B. Sthapit	International Plant Genetic Resources Institute, Regional Office for Asia, Pacific, and Oceania, Pokhara, Nepal Международный институт генетических ресурсов растений, Региональное представительство в Азии, Тихоокеанском регионе и Океании, Похара, Непал

A. Subedi	Intermediate Technology Group for Development, Kathmandu, Nepal Промежуточная технологическая группа по развитию, Катманду, Непал
M. J. Swift	Institut de Recherche et Développement, Centrede Montpellier, Montpellier, France Научно-исследовательский институт, Центр Монпелье, Монпелье, Франция
M. B. Thomas	Centre for Plant Biodiversity Research, CSIRO Entomology, Canberra, Australia Центр растительного биологического разнообразия, Энтомология НПИОСН, Канберра, Австралия
P. Trutmann	International Integrated Pest Management, International Programs, Cornell University, Ithaca, NY, USA Международная комплексная борьба с вредителями, Международные программы, Корнеллский университет, Итака, Нью-Йорк, США
J. Tuxill	Joint Program in Economic Botany, Yale School of Forestry and Environmental Studies and the New York Botanical Garden, New Haven, CT, USA Совместная программа в экономической ботанике, Йельская школа лесоводства и экологических исследований и Нью-Йоркский ботанический сад, Нью-Хейвен, Коннектикут США
R. Valdivia	Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Puno, Perú Исследовательский центр по окружающей среде и природным ресурсам, Пуно, Перу
Y. Y. Wang	Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan, P.R. China Юннаньский сельскохозяйственный университет, Кунминг, Юннань, КНР
A. Wilby	Department of Agricultural Sciences and NERC Centre for Population Biology, Imperial College, Wye, Kent, UK Отделение агрономии и Центр НЕРК по биологии населения, Имперский колледж, Уай, Кент, Великобритания
D. Williams	USDA, Foreign Agricultural Service, International Cooperation and Development, Research and Scientific Exchanges Division, Washington, DC, USA Министерство сельского хозяйства США, Внешняя служба сельского хозяйства, Подразделение международного сотрудничества и развития, исследований и научных обменов, Вашингтон, Округ Колумбия, США

V. A. Wojcik	Environmental Science Policy and Management, University of California, Berkeley, CA, USA Политика и управление агрономией, Калифорнийский университет, Беркли, Калифорния, США
J. H. Zhou	Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan, P.R. China Юннаньский сельскохозяйственный университет, Кунминг, Юннань, КНР
Y. Y. Zhu	Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan, P.R. China Юннаньский сельскохозяйственный университет, Кунминг, Юннань, КНР

Управление биологическим разнообразием в сельскохозяйственных экосистемах

Д.И. ДЖАРВИС, С. ПЭДОК И Х.Д. КУПЕР

Биологическое разнообразие сельскохозяйственных экосистем обеспечивает нас продуктами питания и средствами их производства. Разнообразие растений и животных, составляющих нашу пищу, являются неотъемлемыми составляющими сельскохозяйственного биологического разнообразия. Менее явные – но не менее значимые – это мириады почвенных организмов, опылителей, естественных врагов сельскохозяйственных вредителей и болезней, которые представляют собой базу для основных регулирующих служб, содействующих сельскохозяйственному производству. Ежедневно, фермеры управляют этими и другими аспектами биологического разнообразия в сельскохозяйственных экосистемах для производства продуктов питания и другой продукции, а также для поддержания источников дохода. Биологическое разнообразие в сельскохозяйственных экосистемах также вносит свой вклад в формирование других экосистемных услуг, таких как защита водоемов и связывание углерода. Кроме функциональной значимости, поддержание биологического разнообразия в сельскохозяйственных экосистемах важно само по себе. Конечно, масштаб сельского хозяйства теперь настолько большой, что любая стратегия по сохранению биологического разнообразия должна быть направлена на аспекты биологического разнообразия с точки зрения данных антропогенных систем. Кроме того, биологическое разнообразие сельскохозяйственного ландшафта имеет большое культурное значение, частично из-за взаимосвязи с историческим ландшафтом, который ассоциируется с сельским хозяйством и частично по причине того, что многие люди соприкасаются с биологическим разнообразием дикой природы на фермах или вокруг них.

В данной книге рассматриваются разные аспекты сельскохозяйственного биоразнообразия. В ряде глав анализируется генофонд сельскохозяйственных культур (главы 1, 2, 3, 10, 11 и 16) и генофонд домашнего скота (главы 4, 5 и 17). В других главах рассматривается биологическое разнообразие аквакультур (глава 6), разнообразие опылителей (глава 7) и биологическое разнообразие почвы (глава 8). В трех главах (9, 10 и 11) обсуждаются разные аспекты отношений между разнообразием и мерами борьбы с вредителями и болезнями. В 12 и 13 главах исследуется организация фермерами мер по сохранению разнообразия видов в более широком масштабе с точки зрения

пространственной комплексности, а также экологических и экономических изменений. В главе 14 рассматривается положительное влияние разнообразия на пищевой рацион, питание и здоровье человека. В 15-17 исследуется значимость генетических ресурсов и экосистемных услуг, оказываемых со стороны биологического разнообразия в сельскохозяйственных экосистемах.

В этой вводной главе определяются основные направления для последующих глав. После обзора последних мероприятий по сельскохозяйственному биологическому разнообразию в научных кругах и международных форумах, было рассмотрено множество граней биологического разнообразия в сельскохозяйственных экосистемах. В последующих разделах рассматривается значимость услуг экосистем, которые оказываются со стороны биологического разнообразия, функции биологического разнообразия и какое влияние на них оказывает управление. В конце главы представлены перспективы биологического разнообразия в сельскохозяйственных системах.

Недавно разработанные и текущие инициативы для решения проблем биоразнообразия в сельском хозяйстве

Значимость генетических ресурсов сельскохозяйственных культур, домашнего скота и аквакультур для сельского хозяйства была давно признана, но за последнее десятилетие мировое сообщество признало значимость полного спектра сельскохозяйственного биологического разнообразия для функционирования сельскохозяйственных экосистем. На международной политической арене, вопрос о сельскохозяйственном биологическом разнообразии был впервые всесторонне рассмотрен на Конференции участников Конвенции о биологическом разнообразии (КБР) в 1996 году. В программе действий в рамках КБР в сфере сельскохозяйственного биоразнообразия, которая была впоследствии разработана и принята в 2000 году, признается множество направлений деятельности в сфере сельскохозяйственного биоразнообразия и ассортимента товаров и услуг. При принятии программы действий, на Конференции участников КБР была признана роль фермеров, а также коренных и местных сообществ в сохранении и устойчивом использовании сельскохозяйственного биоразнообразия и значимость сельскохозяйственного биоразнообразия как источника средств существования. Согласно программе действий в рамках конвенции по сельскохозяйственному биологическому разнообразию, была начата деятельность по обеспечению разнообразия опылителей, биоразнообразия почвы и биологического разнообразия в продовольственных целях, и, для улучшения качества пищевого рациона.

Это новый взгляд на биологическое разнообразие в сельском хозяйстве, который является ответом на единодушное мнение о том, что биологическое разнообразие во всем мире резко сокращается. По оценочным данным Реестра Глобального Мониторинга Разнообразия Видов Домашних Животных 35% породам млекопитающих и 63% породам птичьих грозит риск вымирания, причем теряется одна порода каждую неделю. *Руководство Всемирной организации «Генетические Ресурсы Растений для Продовольствия и Сельского Хозяйства»* (ГРРПСХ) описывает «существенные» потери в биоразнообразии генетических ресурсов растений для продовольственного и сельскохозяйственного назначения, в том числе исчезновение видов, сортов растений и генных комплексов (ФАО, 1998). Каждый континент, за исключением Антарктики, сообщает о сокращении числа опылителей, по крайней мере, в одном регионе или одной стране. Количество колоний медоносных пчел резко упало в Европе и Северной Америке, также значительно снизилась численность родственных им Гималайских утесных пчел (*Apis laboriosa*) (Ingram и др., 1996). Другие классы опылителей также остаются в центре внимания мониторинга, причем это сопровождается вескими доказательствами снижения численности млекопитающих и птиц-опылителей. По всему миру, как минимум, 45 разновидностей летучих мышей, 36 видов нелетающих млекопитающих, 26 разновидностей колибри, 7 видов нектарницевых и 70 разновидностей воробьиных находятся под угрозой исчезновения или вымерли (Kearns и др., 1998).

Единодушное мнение о растущих темпах утраты разнообразия в сельскохозяйственных системах наряду с необходимостью более грамотного вычисления данных темпов привело, в последние годы, к увеличению числа международных, национальных и местных мероприятий по управлению сельскохозяйственным биологическим разнообразием. Всемирный проект Международного института генетических ресурсов растений (ИПГРИ) по сохранению в условиях хозяйства (Jarvis и Hodgkin, 2000; Jarvis и др., 2000); Проект «Люди, организация землепользования и изменение окружающей среды» (ПЛЕК) (Brookfield, 2001; Brookfield и др., 2002); Программа «Развитие и сохранение биоразнообразия по инициативе общественности» (РСБИО); Международный центр тропического сельского хозяйства (СИАТ-акроним с испанского), Институт биологии и плодородия тропических почв (ИБПТП), Проект по подземному биоразнообразию (ПБР) Глобального экологического фонда; Глобальный проект по опылителям при поддержке ФАО; и Программа оперативной деятельности по сельскохозяйственному биоразнообразию и проекты при поддержке Глобального экологического фонда (ГЭФ) являются всего лишь несколькими примерами таких мероприятий. Многие ситуационные

исследования, проводившиеся в рамках этих и других инициатив, были рассмотрены на международном симпозиуме «Управление биологическим разнообразием в сельскохозяйственных экосистемах», который был проведен в 2001 г. в Монреале в преддверии совещания Научного вспомогательного органа Конвенции по биологическому разнообразию (КБР).

Эта книга основывается на ситуационных исследованиях, представленных на симпозиуме в Монреале. При применении традиционного подхода к сельскохозяйственному биологическому разнообразию уделяется основное внимание его составляющим как статическим единицам, однако во многих главах данной книги подчеркиваются динамические аспекты сельскохозяйственного биоразнообразия и взаимодействие между его составляющими компонентами. Исследователи, специализирующиеся в сфере социальных и экологических наук, также привнесли новое видение и подходы к данной сфере. Они стремятся понять процесс и связи, динамизм и приемы, которые объясняют методы управления биологическим разнообразием в прошлом и в настоящее время в системах фермерского хозяйства, сельскохозяйственных общинах, и в более широких масштабах.

Многомерность сельскохозяйственного биоразнообразия

Сельскохозяйственное биоразнообразие включает в себя все компоненты биологического разнообразия, имеющие отношение к производству товаров в рамках сельскохозяйственных систем: сорта и изменчивость растений, животных и микроорганизмов на генетическом, видовом и экосистемных уровнях, которые необходимы для поддержания основных функций, структур и процессов в агроэкосистемах. Таким образом, в их число входят культуры, деревья и другие растения, рыба и скот, взаимодействующие виды опылителей, симбиотические организмы, вредители, паразиты, хищники и конкуренты.

В культивируемых системах используется *плановое биологическое разнообразие*, то есть, разнообразие растений засеваемых как культуры и животных, которые выращиваются как домашний скот. В сочетании с дикими сородичами культур, такое разнообразие представляет собой резерв генетических ресурсов для продовольственного сельского хозяйства. Однако, *сельскохозяйственное биологическое разнообразие* – это более широкий термин, который также охватывает биоразнообразие, связанное с сельским хозяйством, способствующее сельскохозяйственному производству посредством кругооборота питательных веществ, борьбе с вредителями и опылению (Wood и Lenne, 1999) и множеству других функций. Биологическое

разнообразие, которое создает условия для оказания широкомасштабных экосистемных услуг, таких как защита водоемов, также может считаться частью сельскохозяйственного биоразнообразия (Aarnink и др., 1999; КБР 2000; Cromwell и др., 2001).

В данной работе применен широкий и комплексный подход, а также предпринята попытка привлечь внимание к возникающим проблемам в научных исследованиях биологического разнообразия в сельскохозяйственных экосистемах. В 2 по 7 главах в основном рассматривается разнообразие среди культур, домашнего скота и рыбы, которые являются большей частью планового биоразнообразия в сельскохозяйственных системах. Наряду с одомашненными культурами и животными, *управляемое* биоразнообразие и биоразнообразие в *дикой природе* в результате дает широкий ассортимент полезных растений и видов животных, в том числе листовые овощи, фрукты и орехи, грибы, дичь, насекомые и другие членистоногие, и рыба (включая, моллюсков и ракообразных, а также настоящих (плавниковых) рыб) (Pimbert, 1999; Koziell и Saunders, 2001; также см., Halwart и Bartley, глава 7). Эти источники продовольствия все еще важны для малоимущих и безземельных регионов (Ahkter в таблице 13.2, глава 13) и особенно важны во время голода и нестабильности или конфликтов, когда обычные поставки продовольствия нарушаются, а у местного населения или беженцев ограничен доступ ко всем формам продовольствия (Scoones и др., 1992; Johns, глава 15). Даже в мирное время, ассоциированное биоразнообразие, в том числе «сорняки», зачастую важны в качестве дополнения к основным пищевым продуктам для обеспечения сбалансированного рациона питания.

Некоторыми коренными и традиционными общинами используется 200 или более видов в качестве продовольствия (Kuhnlein и др., 2001; Johns и Sthapit, 2004; Johns, глава 15).

Разнообразие на видовом и генетическом уровне представляет собой общее количество разновидностей в поголовье скота или внутри одного вида на любой заданной местности. Генетическое разнообразие может проявляться различными фенотипами и разными способами их применения. Оно может быть охарактеризовано тремя различными гранями: количество различных единиц (например, количество сортов на одну культуру и количество аллелей на определенном локусе), равномерность распределения данных единиц и степень различий между единицами. Генетическое разнообразие культур можно измерить также в разных масштабах (от уровня страны или крупных агроэкосистем до местных сообществ, ферм и земельных участков), так как индикаторы генетического разнообразия зависят от масштаба. Эти вопросы рассматриваются с точки зрения культур Брауном и Ходжкином (глава 2) и

Садики и др. (глава 3), в отношении скота Гибсоном и др. (глава 5), для водного разнообразия в экосистемах, создающихся при выращивании риса, Холвартом и Бартли (глава 7). Эти главы дополнены ситуационными исследованиями, демонстрирующими, как фермеры называют и управляют единицами разнообразия в собственных сельскохозяйственных системах с точки зрения культур (Sadiki и др., глава 3; Hodgkin и др., глава 4), животных (Hoffmann, глава 6) и водных ресурсов (Halwart и Bartley, глава 7).

В главах с 8 по 10 обсуждается основная роль *ассоциированного биоразнообразия*, которое способствует растениеводству (см. также Swift и др., 1996, Pimbert, 1999, Cromwell и др., 2001). Земляные черви и другая фауна и микроорганизмы в почве вместе с корнями растений и деревьев поддерживают структуру почвы и обеспечивают цикличность питательных веществ (Brown и др., глава 9). Вредители и заболевания сдерживаются паразитами, хищниками и организмами, способными контролировать заболевания и генетической устойчивостью самих растений (Wilby и Thomas, глава 10; Jarvis и др., глава 11; Zhu и др., глава 12), а насекомые-опылители вносят свой вклад в перекрёстное опыление случайно скрещенных сельскохозяйственных культур (Kevan и Wojcik, глава 8). Не только организмы напрямую поддерживают сельскохозяйственное производство, есть также и другие компоненты пищевой цепочки, такие как, альтернативные кормовые растения для опылителей (в том числе, небольшие участки неводеланной земли на сельскохозяйственных ландшафтах) и альтернативная добыча для естественных врагов сельскохозяйственных растений. Такая ситуация наблюдалась на Яванских рисовых полях, где комплексные пищевые цепочки обеспечивали наличие альтернативных источников питания для естественных врагов сельскохозяйственных вредителей, например, пауков и других членистоногих, когда популяции вредителей малочисленны, что гарантирует стабильность такой системы борьбы с вредителями (Settle и др., 1996)

Многомерность биоразнообразия в сельскохозяйственных системах затрудняет категоризацию систем производства в целом на категорию низкого или высокого уровня биоразнообразия, особенно если учитываются время и пространство. В главе 11, Джарвис и др. обсуждают, является ли генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур полезным в сокращении заболеваний со временем или может представлять опасность, учитывая возможность появления высшей расы болезнетворных микроорганизмов. Авторы главы включили ситуационные исследования по устойчивым местным генотипам, которые применяются фермерами, по использованию устойчивости во внутривидовых комбинациях сортов и по селекционным программам, которые были отобраны и использованы для выведения генотипов, устойчивых

к вредителям и болезнетворным микроорганизмам для снижения уязвимости культур. Они также отмечают, что есть проблемы при разработке критериев, которые позволяют определить, когда и где генетическое разнообразие может сыграть или играет свою роль в борьбе с вредителями и болезнями.

Хотя научные исследования по сельскохозяйственному биоразнообразию обычно направлены на определенные компоненты (например, культуры, вредители, скот), фермеры управляют всей системой, а также ее отдельными составными частями. Управление биологическим разнообразием, основанном на долгом опыте адаптаций, инноваций и изменений, богатой базе знаний и методов работы, нелегко описать или связать в единое целое. В главе 7, Холуорт и Бартли объясняют, как фермеры интегрируют управление рыбоводством в своих сельскохозяйственных системах. В главе 13, Брукфилд и Пэдок обсуждают подходы к пониманию управления сельскохозяйственным биологическим разнообразием со стороны фермеров и в более сложном пространственном и временном измерении. Они утверждают, что часто фермеры управляют биологическим разнообразием на разных ландшафтах, используя широкий спектр технологий. Авторы пользуются термином *агроразнообразие* для описания интеграции биоразнообразия и технологического и институционального разнообразия, которое характерно для мелкомасштабного производства. Концепции агроразнообразия посвящена большая часть главы 14. В этой главе Реркасем и Пинедо-Васкес обсуждают ряд примеров того, как мелкие фермеры управляют разнообразием для решения возникающих проблем. Учитывая комплексность, динамизм и *гибридный* характер примеров, авторы пересматривают и обновляют общепринятые понятия традиционных знаний и методов работы, чтобы лучше отражать действительность мелкомасштабного производства.

Экосистемные услуги и их значимость

Биоразнообразие в сельскохозяйственных экосистемах составляет основу производства широко спектра товаров и услуг в рамках данных экосистем («Оценка экосистем на пороге тысячелетия», 2000). Значимость биологического разнообразия можно выразить в экономических терминах, потому что люди и общество извлекают выгоду (или пользу) от использования экосистемных услуг. Концепция общей экономической ценности, которая включает текущую потребительскую ценность, ценность отложенной альтернативы (стоимость страхования плюс стоимость исследований) и непотребительская стоимость, подтверждающая наличие ресурса или человеческие предпочтения

существования ресурса, не связанного с каким-либо видом использования, широко используется экономистами для определения различных типов полезности биоразнообразия (Orians и др., 1990; Pearce и Moran, 1994, Swanson, 1996). Кроме того, товары и услуги биоразнообразия часто имеют либо общественные, либо смешанные частные и общественные свойства. Экономическая ценность таких товаров не в достаточной степени может быть отражена рыночными ценами, потому что ими невозможно осуществлять торговлю (Brown, 1990). Например, комбинация типов семян, выращиваемых фермерами для производства урожая, от которого они получают выгоду через употребление в пищу, реализацию и другие виды использования. Однако, когда они рассматриваются как генотипы, набор типов семян в разрезе сельскохозяйственного ландшафта, вносит свой вклад в генетическое разнообразие, от которого получают выгоду не только эти фермеры, но и жители других территорий, а в будущем это может принести пользу всему обществу (Smale, 2005). Из-за того, что решения фермеров по использованию и управлению сортами культур на своих полях могут привести к потере потенциально ценных аллелей, их выбор может оказать влияние на разные поколения и регионы. Согласно экономической теории, при условии того, что сельскохозяйственное биоразнообразие будет находиться на надлежащем уровне, фермеры коллективно будут выпускать продукцию в недостаточном количестве в отношении социального оптимума, и необходимо институциональное вмешательство для восполнения пробела (Sandler, 1999).

В главе 15, Джоунс представил эмпирические доказательства значимости сельскохозяйственного разнообразия для разнообразия рациона питания и здоровья. Гаучан и Смейл (глава 16) и Дракер (глава 17) описывают ситуационные исследования, которые иллюстрируют значимость разнообразия сельскохозяйственных культур и животных (разновидности внутри и между культурами и породами соответственно) для фермеров таким способом, который дополняет данные анализа рыночных цен. Конечно, основная часть значимости разновидности культур и скота связана с потенциалом для дальнейшей адаптации или улучшения культур и с экосистемными услугами, такими как профилактика эрозии и борьба с болезнями. Как говорится в главах 16 и 17, различные секторы общества воспринимают значимость по-разному (см. также Smale, 2005). В главе 16 сравниваются ценности генетиков и фермеров, и определяются факторы, влияющие на то, будут ли фермеры продолжать выращивать (то есть, считать ценными) местные сорта риса, которые селекционеры и специалисты по охране и рациональному использованию природных ресурсов считают важными для дальнейшей адаптации или улучшения сорта. В главе 17 обсуждается, как снижение численности местных сортов может отразиться в виде нехватки местных

сортов для подвоя, а не на чистой прибыли фермеров.

Хотя ценность биоразнообразия в обеспечении продовольствия признается повсеместно, однако достоинства биоразнообразия могут оказаться очень значительными (Сегоні и др., глава 18). Достоинства биоразнообразия, и связанных с ним экосистем, обычно рассчитываются с разницей, то есть, для оценки достоинств изменений в услугах экосистем, которые осуществляются в результате управленческих решений или других действий персонала или для оценки достоинств разнообразия или услуг, предлагаемых на территориях, площадь которых незначительна в сравнении с общей площадью. Несмотря на существование разных методов оценки для расчета различных достоинств биоразнообразия, в плановом порядке рассчитываются только товары экосистем (или *снабженческие услуги экосистем*) (Сегоні и др., глава 18). Самые основные и регулирующие услуги вовсе не принимаются во внимание при расчетах, потому что имеют характер общественных благ и не являются оборотоспособными на рынках.

Взаимодействие между компонентами биоразнообразия и управления со стороны фермеров

Хотя наше понимание взаимосвязи между биоразнообразием и функционированием экосистемы неполноценно, несколько аспектов можно изложить с высокой степенью определенности. Во-первых, видовой состав может иметь большее значение, чем абсолютное количество видов. Высокая степень разнообразия функциональных групп имеет большее значение с точки зрения функциональности, чем многочисленность представителей одного вида сама по себе (Brown и др., глава 9). Например, ряд функциональных групп хищников, питающихся сельскохозяйственными вредителями, является действенным естественным методом борьбы с вредителями (Wilby и Thomas, глава 10). Во-вторых, генетическое разнообразие внутри популяций важно для непрерывной адаптации к изменчивым условиям и потребностям фермеров посредством эволюции и, в конечном счете, для непрерывного снабжения товарами и услугами экосистем (см. Brown и Hodgkin, глава 2; Sadiki и др., глава 3; Hodgkin и др., глава 4; Hoffmann, глава 6; Halwart и Bartley, глава 7; Jarvis и др., глава 11). В-третьих, разнообразие внутри и между зонами обитания и уровнем ландшафта также важно во многих целях (Brookfield и Padoch, глава 13; Rerkasem и Pinedo-Vasquez, глава 14). Разнообразие на уровне ландшафта может включать разнообразие растений, необходимых для обеспечения опылителей культур альтернативными источниками питания

и гнездовья или для обеспечения альтернативных источников питания для естественных врагов сельскохозяйственных вредителей (Kevan и Wojcik, глава 8; Wilby и Thomas, глава 10).

В книге дается описание многочисленных ситуационных исследований хозяйств мелкого масштаба, которые характеризуют использование того, что традиционно считается окружающей средой, которая не соответствует или минимально эффективна для сельскохозяйственного производства. В таких условиях окружающей среды (кручи, неплодородные, подверженные наводнениям, засушливые или отдаленные земли) работают многие мелкие фермеры, и имеется биологическое разнообразие. При таких обстоятельствах, управление высоким уровнем разнообразия может стать центральной частью стратегий управления источниками дохода фермеров и крупных фермеров-животноводов и выживания их сообществ (Brookfield и Padoch, глава 13; Rerkasem и Pinedo-Vasquez, глава 14). Сельскохозяйственное биоразнообразие способствует обеспечению определенного уровня устойчивости системы к внешним воздействиям, способности смягчать потрясения, в то же время, позволяя сохранять функциональность. Мелкие фермеры, а также социальная и экологическая окружающая среда, в которой они работают, постоянно подвержены множеству изменений. Когда происходят неожиданные изменения, те из них, которые наиболее устойчивы к воздействиям внешней среды, способны возобновить, реорганизовать, а также получить прибыль в таких случаях (Folke и др., 2002). Для системы, утратившей устойчивость, адаптация к изменениям, в лучшем случае, трудоемкая, и поэтому даже незначительные изменения потенциально катастрофичны. Неспособность справиться с рисками, стрессами, и потрясениями, будь то политические, экономические или экологические, подрывает и грозит опасностью для источников доходов мелких фермеров.

Будущее сельскохозяйственного биоразнообразия

Распространено мнение о том, что глобализация и стремление к повышению объемов сельскохозяйственного производства являются врагами сельскохозяйственного разнообразия. Широкое распространение гибридных семян и технологий, новых рационов питания и законов об интеллектуальной собственности, а также районирования семян и сортов, регистрации и сертификации, всемирных ограничений в результате Зеленой революции оказали негативное влияние на разнообразие. Влияние данных тенденций модернизации и глобализации не было простым или

односторонним. Современные технологии и глобализация рынка открывает новые возможности и угрозы для управления сельскохозяйственным биоразнообразием. В некоторых случаях, эти факторы способствуют дальнейшей специализации и однородности сельскохозяйственных систем; некоторые услуги, оказываемые в рамках сельскохозяйственного биоразнообразия на фермах, частично замещаются внешними факторами производства, например, удобрениями, пестицидами и улучшенными сортами. Неправильное или чрезмерное употребление данных факторов производства зачастую сокращает биоразнообразие сельскохозяйственных экосистем (что ставит под удар производительность в будущем) и в других экосистемах. Как предполагается во многих главах данной книги, альтернативные подходы, частью которых является сельскохозяйственное биологическое разнообразие для оказания данных услуг, может в результате принести выгоду, как для производительности, так и для сохранения биоразнообразия. Для определения практики управления, технологий и стратегий, которые будут способствовать положительному воздействию, и смягчать отрицательное влияние на сельское хозяйство и биоразнообразие, повышать урожайность, укреплять потенциал для поддержания источников дохода, нам необходимо повысить уровень понимания отношений, взаимосвязей и взаимозависимостей между различными компонентами сельскохозяйственного биоразнообразия, и как они могут внести свой вклад в стабильность, устойчивость и производительность различных систем производства. Как создатели и хранители большей части сельскохозяйственного биоразнообразия, фермеры должны полностью заниматься данным видом деятельности.

Литература

- Aarnink, W., S. Bunning, L. Collette, and P. Mulvany, eds. 1999. *Sustaining Agricultural Biodiversity and Agro- Ecosystem Functions: Opportunities, Incentives and Approaches for the Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity in Agro- Ecosystems and Production Systems*. Rome: fao.
- Brookfield, H. 2001. *Exploring Agrodiversity*. New York: Columbia University Press.
- Brookfield, H., C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking. 2002. *Cultivating Biodiversity: The Understanding, Analysis and Use of Agrodiversity*. London: ITDG Publishing.
- Brown, G. M. 1990. Valuing genetic resources. In G. H. Orians, G. M. Brown, W. E. Kunin, and J. E. Swierzbinski, eds., *Preservation and Valuation of Biological Resources*, 203–226. Seattle: University of Washington Press.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2000. *Programme of Work on Agricultural Biodiversity*. Decision V/5 of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, May 2000, Nairobi: Convention on Biological Diversity.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2003. *Monitoring and Indicators: Designing National- Level Monitoring Programmes and Indicators*. Montreal: Convention on Biological Diversity.

- Cromwell, E., D. Cooper, and P. Mulvany. 2001. Agricultural biodiversity and livelihoods: Issues and entry points for development agencies. In I. Koziell and J. Saunders, eds., *Living Off Biodiversity: Exploring Livelihoods and Biodiversity Issues in Natural Resources Management*, 75–112. London: International Institute for Environment and Development.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1998. *The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: fao.
- Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling, and B. Walker. 2002. *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformation*. Scientific background paper on resilience for the World Summit on Sustainable Development, on behalf of the Environmental Advisory Council to the Swedish government. Available at www.un.org/events/wssd.
- Hilton-Taylor, C., ed. 2000. *IUCN Red List of Threatened Species*. Gland, Switzerland: iucn.
- Ingram, M., G.C. Nabhan, and S. Buchmann. 1996. Impending pollination crisis threatens biodiversity and agriculture. *Tropinet* 7:1.
- Jarvis, D. I. and T. Hodgkin. 2000. Farmer decision-making and genetic diversity: Linking multidisciplinary research to implementation on-farm. In S. B. Brush, ed., *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity*, 261–278. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Jarvis, D. I., L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A. H. D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit, and T. Hodgkin. 2000. *A Training Guide for In Situ Conservation On-Farm*, Version 1. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Jarvis, D. I., D. Nares, T. Hodgkin, and V. Zoes. 2004. On-farm management of crop genetic diversity and the Convention on Biological Diversity programme of work on agricultural biodiversity. *Plant Genetic Resources Newsletter* 138:5–17.
- Johns, T. and B. R. Sthapit. 2004. Biocultural diversity in the sustainability of developing country food systems. *Food and Nutrition Bulletin* 25:143–155.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye, and N. M. Waser. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant–pollinator interactions. *Annual Review of Ecological Systems* 29:83–112.
- Koziell, I. and J. Saunders, eds. 2001. *Living Off Biodiversity: Exploring Livelihoods and Biodiversity Issues in Natural Resources Management*. London: International Institute for Environment and Development.
- Kuhnlein, H. V., O. Receveur, and H. M. Chan. 2001. Traditional food systems research with Canadian indigenous peoples. *International Journal of Circumpolar Health* 60:112–122.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing. Vol 1: Status and Trends*. Washington, DC: Island Press.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* 4:355–364.
- Orians, G. H., G. M. Brown, W. E. Kunin, and J. E. Swierzbinski, eds. 1990. *Preservation and Valuation of Biological Resources*. Seattle: University of Washington Press.
- Pearce, D. and D. Moran. 1994. *The Economic Value of Biodiversity*. London: Earthscan.
- Pimbert, M. 1999. *Sustaining the Multiple Functions of Agricultural Biodiversity*. Background paper for the fao/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land. Rome: fao.
- Sandler, T. 1999. Intergenerational public goods: Strategies, efficiency, and institutions. In I. Kaul, I. Grunberg, and M. A. Stein, eds., *Global Public Goods*, 20–50.
- Oxford, UK: United Nations Development Programme and Oxford University Press.
- Scoones, I., M. Melnyk, and J. N. Pretty. 1992. *The Hidden Harvest: Wild Foods and Agricultural Systems—A Literature Review and Annotated Bibliography*. London: International Institute for Environment and Development.
- Settle, W. H., H. A. Ariawan, E. T. Cayahana, W. Hakim, A. L. Hindayana, P. Lestari, and A. S. Pajarningsih

- and Sartanto. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology* 77:1975–1988.
- Smale, M. 2005. Concepts, metrics and plan of the book. *Valuing Crop Biodiversity: On- Farm Genetic Resources and Economic Change*. Wallingford, uk: cab International.
- Swanson, T. 1996. Global values of biological diversity: The public interest in the conservation of plant genetic resources for agriculture. *Plant Genetic Resources Newsletter* 105:1–7.
- Swift, M. J., J. Vandermeer, P. S. Ramakrishnan, J. M. Anderson, C. K. Ong, and B. A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. In H. A. Mooney, J. H. Cushman, E. Medina, O. E. Sala, and E.- D. Schulze, eds., *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. Chichester: Wiley, scope/unep.
- Wood, D. and J. M. Lenne. 1999. Why agrobiodiversity? In D. Wood and J. M. Lenne, eds., *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management*, 1–14. Wallingford, uk: cab International.

2 Измерение, управление и поддержание генетического разнообразия сельскохозяйственных культур в условиях on farm (фермерского хозяйства)

А.Х.Д. БРАУН и Т. ХОДЧКИН

Перед всемирным сообществом фермеров стоит большая проблема развития и повышения продуктивности сельскохозяйственных экосистем для устойчивого снижения уровня бедности и обеспечения продовольственной безопасности. С целью удовлетворения краткосрочных потребностей и достижения долгосрочной устойчивости, повсеместно признается ценность генетического разнообразия растений.

Управление биоразнообразием – сложный и комплексный процесс, который охватывает все уровни разнообразия (экосистемы, виды, гены и окружающую среду), а также связан с разными дисциплинами (генетика, система ведения фермерского хозяйства, социальные науки). Заслуживает ли генетическое разнообразие само по себе какого-либо особого внимания среди всех этих дисциплин? Мы утверждаем, что да.

Если так, тогда необходима система знаний для управления агробиоразнообразием на генетическом уровне, *in situ* (в естественных условиях), устойчиво. Кроме того, эта система должна принимать во внимание его сохранение и применение. В данной главе обсуждаются аспекты сохранения генетического разнообразия в промышленных системах, приводится описание того, как разные виды информации о генетике могут обеспечить данные для формулировки задач управления генетическим разнообразием, принятия мер и определения индикаторов хода работы. Три категории видов растений являются составляющими биоразнообразия в ландшафте сельской местности:

- Виды растений, которые намеренно выращиваются или возделываются, с которых собирается урожай для получения продуктов питания, волокна, горючего, фуража, лесоматериалов, лекарственных препаратов, украшений и для других целей

- В противоположность этому, дикие виды, которые встречаются в природных условиях и приносят выгоду сельскохозяйственной среде, обеспечивая защиту, тень и регулирование подземных вод

- Между этими двумя полюсами находятся дикие сородичи культурных растений, с которыми они могут скрещиваться и, таким образом, обогащать генофонд сородичей, выживают самостоятельно и страдают от тех же

вредителей и болезней, что и культуры, а также употребляются в пищу в случае голода.

Из трех категорий, главное внимание уделяется первой

Новые перспективы генетического разнообразия

Оценка человечеством генетического разнообразия растений по достоинству имеет долгую историю (Frankel и др., 1995). Обычно фермеры умело применяли, селекционировали и использовали различия, которые они замечали между видами и внутри одного вида растений, что являлось источником пропитания для них и их семей. Такие различия проявлялись в морфологии, урожайности, надежности, устойчивости к вредителям и другим опасностям, в том числе изменчивости, которая может быть незаметна для неопытных глаз. Сейчас мы вошли в новую эру молекулярной биологии. Она снабдила нас новыми инструментами и средствами для того, чтобы понять суть генетического разнообразия на фундаментальном уровне новыми способами. В данном разделе дается краткое описание возникающих перспектив для генетического разнообразия и показывается их связь с установившимися методами исследований агроморфологического разнообразия среди видов культур.

Молекулярное разнообразие

Генетическое разнообразие в основном происходит в виде изменений в линейной последовательности нуклеотидов в ДНК. Изменения могут происходить в последовательности в кодирующей области генов или в области спейсера (нуклеотидной последовательности, разделяющей кодирующие области в геноме) между генами и внутри них. Изменения часто происходят в количестве копий генов, соединениях нескольких генов или, разумеется, во всех хромосомах. Доля этих изменений трансформируется в вариации протеина, полиморфизм маркеров, характерную и морфологическую изменчивость хозяйственно-ценных признаков, и, в конечном счете, в сорта с разными названиями.

Для эффективного управления разнообразием, нам необходимо измерить его и представить его объемы и распространение. Попытки измерить разнообразие начинались с оценки фенотипов растений с использованием морфологических характеристик вплоть до использования молекулярных генетических маркеров. С недавних пор, три основных новых метода

молекулярной биологии позволяют увидеть новые перспективы генетического разнообразия и открывают новые пути управления генетическими ресурсами растений: полиморфизм единичного нуклеотида (ПЕН), филогенетический анализ и функциональная геномика.

Они получили развитие в качестве инструментов исследования из-за открывающихся возможностей получения данных о последовательности ДНК по широкому ряду образцов.

ПОЛИМОРФИЗМ ЕДИНИЧНОГО НУКЛЕОТИДА

В таблице 2.1, представлены, в обобщенном виде, самые последние расчетные данные, касающиеся разнообразия на уровне ДНК в сельскохозяйственных культурах или диких сородичах в виде вероятностей различий на пару нуклеотидов между двумя последовательностями в образцах из различных коллекций. Эти расчетные данные, касающиеся ПЕН, являются предварительными и представлены на уровне видов, потому что еще нет данных по популяциям. *Статистический показатель богатства* разнообразия K является средним значением полиморфных участков на пару нуклеотидов, а *статистический показатель однородности* θ в некоторой степени соответствует гетерозиготности. С другой стороны, можно предположить, что ее обратная величина является средним значением пар нуклеотидов, которые расположены между каждым ПЕН, когда две случайно выбранные последовательности сравниваются

Такие и подобные им расчеты показывают, что генетическое разнообразие обширно на уровне ДНК. Эти расчеты также подчеркивают значительные различия между разными частями гена и спейсерных областей в геноме. Молекулярное разнообразие в системе алкогольдегидрогеназы в ячмене заячьем указывает на тенденцию аккумуляирования дополнительного разнообразия ДНК в менее значительных областях генома. В основной алкогольдегидрогеназе (*Adh1*) проявляется половина того

разнообразия, которое наблюдается в минорном *Adh2* локусе (таблица 2.1). Третий локус (*Adh3*), который является латентным в основной линии ячменя заячьего, оказывается наименее решающим для функционирования, но содержит большую часть разнообразия.

В образце культурных сортов пшеницы, низкие оценочные показатели отражают ограниченное разнообразие в генофондах современных сортов, которые в значительной степени подверглись селекции, и возможные проблемы, связанные с количеством источников происхождения гексаплоидной

пшеницы.

Система селекции является ключевой переменной. Чарльзуорт и Пэннелл (2001) недавно пересмотрели оценочные показатели молекулярного разнообразия на примере естественных популяций растений и особо подчеркнули важность систем селекции. В таблице 2.1 приводятся некоторые данные по маису для сравнения с пшеницей и ячменем заячьим, и, как предполагалось, в маисе содержится, по крайней мере, в два раза больше значений инбредных культур. Такая разница между видами, которые были получены при помощи скрещивания особей из разных линий (ауткроссинга) и родственного скрещивания (инбридинга) намного более явно прослеживается на уровне популяций, чем на видовом уровне (Hamrick и Godt, 1997).

Большая часть разнообразия в нуклеотидной последовательности не будет проявляться функционально, поэтому возникает вопрос о том, какой цели в управлении сельскохозяйственным биоразнообразием она будет служить. Такое селекционно-нейтральное биоразнообразие идеально для измерения линий и сравнительных отношений между индивидуумами, популяциями и видами, для получения доказательств о недавних случаях «эффекта бутылочного горлышка» в численности популяций, для документирования переноса генов, рекомбинации, запаса семян и идентификации сортов.

Таблица 2.1. Последние исследования нуклеотидного разнообразия.

Вид	Образец	Ген(ы)	К (bp)*	θ (bp)*	Последовательность на Индивид (kb)
<i>Zea mays</i> (маис) ^a	9 инбредных линий, 16 местных сортов	21 локус	0,036	0,010	14,4
<i>Hordeum spontaneum</i> (ячмень заячий) ^b	25 распространенных сортов	<i>Adh1</i> <i>Adh2</i> <i>Adh3</i>	0,01 0,02 0,06	0,003 0,005 0,015	1,4 2,0 1,8
<i>Triticum Aestivum</i> (мягкая пшеница) ^c	<8 сортов	RFLP пробы (Полиморфизм длин рестрикционных фрагментов)	0,004	---	2,4
<i>Glycine max</i> (соевый боб) ^d	25 генотипов: кодирующих Некодирующих	115 локусов	0,002 0,005	0,00053 0,00125	29 48

Источники: ^aTenaillon и др. (2001), ^bLin и др. (2002), ^cBryan и др. (1999), ^dZhu и др. (2003).

*Статистический показатель богатства разнообразия К является средним значением полиморфных участков на пару нуклеотидов, а статистический показатель однородности θ в некоторой степени соответствует гетерозиготности.

ФИЛОГЕНЕЗ И КОАЛЕСЦЕНЦИЯ

Второй результат наращивания резерва данных, касающихся последовательности ДНК, и укрепления потенциала для генерирования образцов последовательностей из популяций – это более точные филогении и добавление аспекта эволюционного времени к анализу разнообразия последовательности (Clegg, 1997). Как только данная технология станет распространенной, она будет идеально подходить для своевременного отслеживания передвижения генов и популяций. Понимание связи помогает повысить качество решений по сохранению, подборке основных коллекций, поиску новых характеристик, таких как устойчивость, а также исходные растения для селекции.

Например, филогенез аллелей в образцах ячменя заячьего в локусе *Adh3* разделяет образцы на две разные линии, которые, согласно молекулярным часам, разошлись примерно 3 миллиона лет назад (Lin и др., 2002).

В одном кластере были популяции из северной и западной частей Плодородного полумесяца (Израиль, Иордания, Турция, Сирия и Ирак). Второй кластер частично перекрывает и простирается на восток (Ирак, Иран, Туркменистан и Афганистан). Результат этого поднимает вопрос о том, насколько данное расхождение применимо к другим частям генома и степени инкорпорации двух линий *Adh3* в один генофонд окультуренного ячменя.

Молекулярные филогении также открывают новые перспективы для оценки биоразнообразия, подлежащего сохранению (Brown и Brubaker, 2000). В многолетнем подроде *Glycine*, чьи виды являются дикими сородичами соевых бобов, филогении, основанные на последовательности органелл (хлоропластов) и на ядерных одногенных или мультигенных семействах привели к новым знаниям о взаимоотношении между видами и происхождении полиплоидных линий. Измерение разнообразия также может проводиться по отличительным признакам для оценки эффективности сети заповедников в сохранении всего генофонда подрода. Для оценки разнообразия на фермах, способы измерения разнообразия помогают выявить сферы, которые требуют изучения и более интенсивных усилий.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГЕНОМИКА

Учитывая такое нуклеотидное разнообразие в видах, расположенных в невыраженной части генома, как можно отследить малую долю генетического разнообразия, которая является функционально значимой? Новые методы использования микрочипов в сфере геномики предлагают новый подход

(Aharoni и Vorst, 2001; Peacock и Chaudhury, 2002). Геномика изучает все гены сразу во всем организме. Микрочипы (ДНК чипы) позволяют нам расположить геном растения в виде пространственной матрицы. Например, геном *Arabidopsis* можно расположить в виде 100000 капель на одном предметном стекле микроскопа, который можно воспроизводить и многократно использовать как базовую матрицу.

Можно будет сопоставлять две популяции РНК-посредников из двух различающихся источников при помощи базовой матрицы. Подход является в значительной степени эффективным, будучи фундаментально сравнительным методом, который выделяет гены, отреагировавшие на определенный стресс от тех, которые на стресс не отреагировали. Дифференциальная экспрессия между генотипами устойчивыми и чувствительными к стрессу обусловлена генетическими различиями в контрольных регионах, которые регулируют данные индикаторные последовательности или различиями в самих структурных генах. В *Arabidopsis*, имеет место значительное перекрещивание между генами, проявившимися в ответ на различные виды стресса (E. Klok и E. Dennis, личные комментарии, 2003). Таким образом, экспрессия одинаковых 34 генов изменилась в условиях нехватки кислорода и при скарифицировании, и 5 генов отреагировали на все три вида стресса (гипоксия, скарифицирование и засуха). Выявление таких генов в *Arabidopsis* может снабдить нас мощным инструментом для скрининга популяций на предмет способности адаптации сельскохозяйственных культур к стрессу. Соответственно, геномный подход и использование микрочипов дают возможность связать дифференциальную экспрессию ДНК с отклонениями адаптивного характера.

Способность местных сортов к адаптации

Технология микрочипов является новым, перспективным способом выявления генного разнообразия, важного для способности к адаптации в популяциях на молекулярном уровне, которая все еще недостаточно испытана в широком масштабе. Уже очевидно, после проведения широко распространенных процедур, что местные сорта являются кладями адаптивной изменчивости. Тешоум и др. (2001) недавно провели анализ опубликованных исследований по изменчивости местных сортов и зерновых и бобовых в центрах происхождения этих культур (таблица 2.2). В анализе принимались во внимание исследования влияния человека, биотических и абиотических факторов, которые поддерживают генетическое разнообразие и популяционные различия среди традиционных сельскохозяйственных культур. Существует

множество описательных отчетов, в которых измеряется изменчивость для генетических маркеров или морфологии. Однако, в меньшем количестве отчетов предпринималась попытка анализа функций разнообразия и ключевых факторов для ее поддержания. Кроме того, в большинстве исследований рассматривались расхождения между популяциями; в нескольких отчетах уделялось основное внимание различиям внутри отдельных популяций. Несмотря на эти недостатки, все растущее число доказательств указывает на то, что местные сорта приспосабливаются к особым характеристикам окружающей среды и являются резервом разнообразия, которые можно обнаружить такими способами как микрочипы.

Среди недавних исследований приспособляемости местных сортов, на основе свежих образцов исходных популяций, а не консервированных материалов из генбанков выделяется работа Вельциена и Фишбэка (1990), которые продемонстрировали высокую функциональность местных сортов ячменя в крайне суровых засушливых условиях Ближнего Востока. Для определения большинства факторов, которые влияют на разнообразие местного сорта сорго, Тешоум и др. (1999) изучили образцы с Северного Шева и Южного Уэло в Эфиопии. Систематическая выборка с более чем 200 полей выявила 64 сорта, названные фермерами, причем среднее число различных местных сортов среди них составляло 10. В этом примере, где на каждом поле местные сорта были смешаны, а каждый названный местный сорт представлял собой поддающуюся счету единицу измерения генетического разнообразия. Статистика разнообразия, в которой измеряется богатство и

Таблица 2.2. Количество исследований, в которых сообщается об отклонениях в зерновых и бобовых местных сортах для генетических маркеров (изоферменты, полиморфизм ДНК) или морфологических характеристик (например, агрономические и растительные характеристики, качество, урожайность).

Тип фактора диверсификации	Генетические Маркеры	Морфологические характеристики
Географическое разделение на разных уровнях (между странами, регионами, местностями)	12	19
Биотическое взаимодействие (заболевания и вредители)	0	7
Абиотические градиенты и мозаичность (высота над уровнем моря, климат, почва, размер поля)	7	14
Абиотический стресс при предельных значениях заболачивания, засушливости, жары, холода, засоления	2	8
Критерия отбора у фермеров	1	3
Итого (42 популяции и 31 образец из генбанка)	22	51

Источник: Teshome и др. (2001).

однородность, легко поддается расчетам на основе морфотипических частот. В результате анализа множественной регрессии между богатством местных сортов и числом отклонений на уровне полей, была обнаружена значительная степень разнообразия на полях на средних высотах, на полях, где уровень pH почвы низкий и содержание глины также небольшое, а также на полях, где фермеры больше использовали критерии селекции при отборе местных сортов для культивирования. Например, в главе 4, представлены доказательства, полученные в результате ситуационных исследований, которые приведены в качестве примеров такой адаптации.

Изучение морфологических характеристик и популяций на предмет функционирования в благоприятной и неблагоприятной среде дает результаты, значительно отличающиеся от оценки различий ДНК и их структуры. (Здесь не учитываются результаты исследования функциональной геномики и с применением техники микрочипов, которые являются технологиями, которые могут восполнить пробел между молекулярным и морфологическим разнообразием.) Если учитывать исследование аллоферментов, существует большое количество литературных источников о различных взглядах на данное взаимоотношение разных видов популяций растений, которые сложно здесь рассмотреть. Проводилось намного меньше исследований разнообразия местных сортов как сельскохозяйственных культур. Сегодня масштаб и интенсивность выборки для получения данных по последовательности ДНК обычно отличаются от масштабов и интенсивности выборок для морфологических исследований, но такое положение вещей должно измениться, так как деятельность теперь направлена на выявление «несбалансированности связей» между маркерами и характеристиками в коллекциях (Rafalski, 2002).

В идеальном случае, нам необходима информация, как на молекулярном, так и морфологическом уровне для полного понимания адаптивных черт и совокупной интерпретации и анализа с точки зрения окружающей среды и управления со стороны человека. Преимущества данных по последовательности ДНК состоят в том, что по ним можно судить об эволюционных процессах (размер популяции, связи, общее происхождение, рекомбинация), тогда как адаптивные черты – это непосредственные результаты улучшения культуры и преимуществ, которые напрямую связаны с потребностями фермеров.

Индикаторы для управления генетическим разнообразием *In Situ*

Для мониторинга генетического разнообразия на ферме, необходимы индикаторы. Индикатор – это существенные физические, химические,

биологические, социальные и экономические переменные, которые измеримы определенным способом для целей управления. В таблице 2.3 перечислены предлагаемые индикаторы для мониторинга и управления сельскохозяйственным биоразнообразием в условиях *in situ* в двух группах (культивируемые и дикие виды) и добавлены индикаторы для анализа связей между деятельностью в естественных условиях произрастания (*in situ*) и вне естественных условий произрастания (*ex situ*) (Brown и Brubaker, 2002). Первая группа – это растения, которые уже окультурены или могут быть окультурены. В их число входят культурные растения, которые зависят от человека и дикие виды, которые непосредственно используются фермерами, как например, растения, являющиеся источниками народных лекарственных средств или использующиеся в других культурных целях. Вторая группа – это все остальные виды растений, естественно произрастающих в агроэкосистемах и не используемых непосредственно. (Здесь мы не принимаем во внимание индикаторы для стратегий *ex situ*. Такие индикаторы рассматриваются в других работах [Brown и Brubaker, 2002], а в данной работе мы будем уделять основное внимание разнообразию в условиях *in situ*.)

Культурные растения и дикие виды, с которых собирается урожай

Браун и Брубейкер (2002) предлагают ряд обособленных местных сортов каждой культуры в качестве первичного индикатора, наряду с некоторыми способами измерения распространенности или площади, выделенной для данных сортов в качестве соотношения к имеющейся в наличии площади в регионе. Хотя это, в принципе, просто, опыт проекта *in situ* Международного института по генетическим ресурсам растений (ИПГРИ) выявил некоторые практические трудности в сборе таких данных. Исследователи затруднялись с опознаванием и названиями местных сортов: как их различать между видами культур и самими культурами, и какая может быть разница между популяциями местных сортов с одинаковыми названиями в разных селах, как во времени, так и пространстве. Определенный уровень неточности неизбежен и иногда желателен, что позволяет проявлять некоторую степень гибкости. Анализы, подобные анализам Тешоума и др. (1999) опознавания фермерами местных сортов сорго в Эфиопии, и Садики и др. (глава 3) местных сортов конских бобов в Марокко, показали, что народные знания необычайно достоверны. Вероятно, знания, опознавание, и присваивание названий фермерами разнообразия культур важно для их источников пропитания.

Если имеется соответствующая исходная информация, процент площади,

Таблица 2.3. Индикаторы, предложенные для мониторинга

Предложенный индикатор	Достоверность и аспекты интерпретации	Низший уровень или единица при-менения	Возможность комбинации с более высокими уровнями*
Культурные растения и дикie виды, с которых собирается урожай			
Количество, частота, и территория отдельных местных сортов или диких популяций, с которых собирается урожай	Есть ли названия? Как отдельные местные сорта различаются генетически во времени и пространстве?	Поле или земельный участок	++
Разнообразие среды на территории, выделенной для каждой культуры	Связано ли генетическое разнообразие с абиотическим и биотическим экологическим разнообразием, и в каком масштабе? Какая существует взаимосвязь между распространенностью и плодородностью?	Регион	++
Количество, надежность и развитие управления и критериев отбора у фермеров	Является ли генетическое разнообразие результатом применения различных критериев и видов использования?	Ферма	+
Сохранность традиционных знаний	Какова степень взаимосвязи между разнообразием и знанием?	Административные единицы	-
Дикие виды и культурные сородичи			
Наличие видов на определенных территориях, которые охватывают диапазон окружающей среды	Каковы относительные географическое положение, управление и стратегии, касающихся справедливого распределения выгод на определенных территориях?	Административная единица природных ресурсов	+
Число и размеры популяций	Как численность связана с устойчивостью к внешним факторам? Каков минимальный размер жизнестойких популяций?	Метапопуляции (долина)	++
Генетическое разнообразие, дивергенция популяций, и распространение	Каковы отношения между генетической информацией и стратегией?	Популяция	++
Связи между деятельностью <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>			
<i>Ex situ</i> дублирующие образцы для уязвимых <i>in situ</i> популяций; сохраненные <i>in situ</i> участки для видов не поддающихся управлению	Масштаб выборки, пополнения и применение стратегий.	Отдельные коллекции	++
Кооперативные связи между <i>ex situ</i> учреждениями и фермерскими сообществами	Информация и протоколы для обмена семенами, справедливого распределения выгод и передачи технологий.	Национальные программы	-

Источник: Видоизменено из Brown и Brubaker (2002).

*Имеет отношение к возможности получения значения индикатора на высоком уровне (например, уровень села) из значения индикатора на нижнем уровне (например, уровень фермы) при помощи правильного усреднения.

занятой традиционными местными сортами, вероятнее всего, окажется важным индикатором генетического разнообразия на ферме на любой территории. Изучение распространенности и встречаемости отдельных местных сортов может дать огромное количество данных. Однако, эти переменные могут быть обобщены в итоговые показатели. Один пример – это простая классификация местных сортов риса в Непале по встречаемости (наличие на нескольких или многих фермах) и по площади посадки (обширные насаждения или несколько растений на небольших полях или в садах) в четыре класса (таблица 2.4). Простое сравнение между тремя регионами возможно (в этом примере, средний участок Каски имеет более высокий компонент редких, ограниченных местных сортов), таким образом, можно сравнить тенденции во времени и оценить различия в степени уязвимости, модели применения, стратегии сохранения и возможности партисипаторной (совместной) селекции растений (ПСР) для каждого класса.

Что касается лекарственных растений и растений для топлива, а также других видов для сбора или выпаса животных в дикой природе, измерение числа и размера популяции в этом случае является важным инструментом. Местные сообщества напрямую заинтересованы в реализации планов сохранения и поддержания этих растений. Все же насущные потребности — особенно в тяжелые времена — ведут к использованию природных ресурсов выше уровня их естественного восстановления. Решение проблемы сокращения количества популяций как ценных, так и заброшенных или малоиспользуемых видов — это очевидный вопрос для стратегий сохранения, поддающиеся измерению такими индикаторами.

Теоретически, размер популяции должен быть связан с богатством генотипа: популяции или пробы большего размера должны включать больше генотипов. Если эта взаимосвязь общая, тогда размер (посевной) площади — это быстрый способ оценки богатства в регионе, где сложно провести генетические исследования.

В добавление к картографированию территорий возделывания местных сортов, устанавливается взаимосвязь таких карт с климатом, топографией, почвенными картами для измерения разнообразия окружающей среды, в которой все они произрастают. Примерами применения такого индикатора для определения эрозии естественной растительности являются карты, показывающие возрастание площади расчищенных земель в динамике времени в зоне культивирования злаковых культур на западе Австралии. Комплексные инструменты географических информационных систем (ГИС) (Guarino и др., 2002) позволяют провести оценку картины разнообразия и мониторинг изменений на территории, выделенной для местных культур, а

Таблица 2.4. Количество и распространение местных сортов риса на трех опытных *in situ* участках, Непал.

	Бара (Bara) (80 м над уровнем моря)	Каски (Kaski) (650–1200 м над уровнем моря)	Джумла (Jumla) (2200– 3000 м над уровнем моря)
Средняя площадь, занятая одним местным сортом (га)	0,95	1,17	0,91
Общее количество местных сортов	33	63	23
Виды местных сортов			
Большая площадь, много домохозяйств	9	9	4
Большая площадь, мало домохозяйств	2	3	0
Малая площадь, много домохозяйств	3	3	3
Малая площадь, мало домохозяйств	19	48	16

Источник: Данные Joshi и др., обобщены Jarvis и др. (2000:83–85).

также изменений в распределении и размере популяций полезных диких видов с тем, чтобы определить факт потери разнообразия в определенных ареалах.

Такая информация более ценна при наличии подтверждающих исследований связей между дивергенцией окружающей среды и генетическим разнообразием. Такая взаимосвязь не всегда очевидная и должна быть приоритетным предметом исследований. Как отмечают Тешоум и др. (2001), один местный сорт может обладать высокой степенью приспособляемости и урожайности при различных условиях окружающей среды и в разных ареалах. Его широкое использование зависит от обдуманного решения фермеров, которые принимают во внимание функциональность данного сорта, а не от отсутствия других сортов. В таком случае, высокая степень приспособляемости этой популяции представляет огромную ценность, и не следует прекращать его использование из-за явного недостатка богатства местных сортов. Заключение будет более достоверными, если данные на основе ГИС по распространенности местных сортов в регионе будут иметь отношение к их функциональности. Например, если культура местного сорта картографируется на небольшой территории в начале вегетационного периода, но впоследствии культура перестает расти, то данные раннего картирования его наличия больше не являются свидетельством устойчивого ведения хозяйства на данной территории.

Как отмечалось ранее, изучение обоснования выбора фермеров – это верный путь к пониманию поддержания разнообразия. Применение – это движущая сила селекции, и, так же как и названия, может быть много вариаций между фермерами и по годам в отношении целей возделывания

Таблица 2.5. Число различных первоочередных, второстепенных и третичных целей использования и применения в кулинарных целях, определенное для местных сортов маиса, выращиваемого в разных странах.

Страна	Количество местных сортов	Количество, используемое для производства зерна	Дополнительные первоочередные цели использования	Второстепенные цели использования	Третичные цели использования
Аргентина	16	13	31	24	13
Боливия	42	Все	8	10	2
Чили	13	3	5	4	2
Мексика	12	Все	5	11	3

Источник: Обобщено из Таба (1997).

некоторых местных сортов. Согласно исследованию Таба (1997) в Аргентине некоторые фермеры выращивают 13 из 16 местных сортов маиса в основном для получения зерна (таблица 2.5). Но некоторые выращивают те же 13 плюс 3 дополнительных, в целом для 31 дополнительных первоочередных целей, 24 второстепенных целей и 13 третичных целей. В целом, такое разностороннее применение предполагает многонишевую модель диверсификационного отбора, который способствует развитию адаптивного разнообразия (Crow и Kimura, 1970:262; Gillespie, 1998:71). Кроме различных кулинарных целей, существует ассортимент генотипов, которые фермеры создают по определенным экологическим причинам (например, сорта, которые известны благодаря своей способности произрастать на перегруженных клочках земли или сорта, которые отбираются для высадки на подтопленных участках).

Одна из проблем заключается в том, что многоцелевое применение ряда культур местного сорта само по себе не обеспечит диверсификационный отбор. Например, если какой-либо новый сорт хорошо удовлетворяет несколько потребностей, возможно, что его будут засевать в широком масштабе, что, таким образом, вытеснит более специализированные типы. Однако, в целом резкое снижение ценности статистики, при помощи которой определяются цели использования, может явиться признаком потери диверсификационного отбора – начала потери разнообразия.

Очевидно, что простой подсчет различных критериев отбора является только ориентировочным. Предполагаемая взаимосвязь между разнообразием причин, объясняющих выбор фермеров и действительное генетическое разнообразие, должна быть проверена. В настоящее время, это можно попробовать осуществить на уровне местных сортов, имеющих названия.

В заключение, поддержание генетического разнообразия на ферме более осуществимо, при условии наличия механизмов прекращения потери

традиционных знаний и распределения выгод, которые получают в результате использования разнообразия в экзотической местности. Ряд подходов необходим для определения того, какие традиционные знания сохраняются и кем. Эти подходы могут дать основу для определения индикаторов сохранности традиционных знаний. Процесс, который оказывает влияние на традиционные знания, с трудом поддается измерению; конечно, мы только начинаем заниматься этими задачами. Следующая проблема – это разделение во времени между решением фермера о том, чтобы выращивать различные популяции сегодня и получением отдаленно возможной пользы от использования такого материала в будущем. Нынешняя польза берет начало от решения, принятого в прошлом, и, вероятно не является сильным стимулом для того, чтобы засеять разнообразие в настоящем. По этим причинам, данный индикатор вероятнее всего применим на национальном или региональном уровне.

Дикие виды и их культурные сородичи в отраслях сельского хозяйства

В предыдущем разделе обсуждались индикаторы для управления разнообразием одомашненных видов в полевых условиях на ферме. Однако, как упоминалось в начале главы, управление сельскохозяйственным биоразнообразием в отраслях сельского хозяйства также связано с использованием диких видов. Необходимость включения диких сородичей культур в данный анализ основывается на наличии нескольких видов связей с культивируемыми видами. Существуют экологические связи, когда ведение сельского хозяйства ведет к урону или утери дикой среды обитания. Дикие сородичи зачастую являются сорняками на полях фермеров. Как возделываемые культуры, так и их сородичи получают пользу от одних и тех же полезных насекомых и микробов, страдают от одинаковых вредителей и болезней, что ведет к сложным коэволюционным связям. Кроме того, дикие сородичи могут служить источником новых полезных генов (Jarvis и Hodgkin, 1999). Поэтому важно расширить деятельность по сохранению, в том числе, и диких видов в сельскохозяйственных системах. Фактически, дикие виды могут быть индикаторами серьезных изменений в производственных системах. Поэтому есть необходимость в индикаторах генетического управления дикими растениями.

Мониторинг ситуации в отношении видов диких растений в сельскохозяйственных отраслях представляет собой трудную задачу. Среди основных вопросов есть следующие: стоит ли определенным видам отдавать приоритет и компенсируют ли популяции в заповедниках и других регионах,

неблагоприятных для ведения сельского хозяйства уязвимые и исчезающие популяции в сельской местности. Что касается приоритетных видов, Браун и Брубейкер (2002) утверждают, что дикие сородичи культур должны заслуживать особое внимание, потому что их можно использовать в качестве наилучших образцов, а также, потому что они являются растениями-хозяевами тех же вредителей и заболеваний, что и их культивируемые сородичи. Будущие популяции таких сородичей, которые встречаются за пределами полей фермеров, могут быть очень малочисленными, если только фермеры не будут намеренно способствовать их размножению. Это делается в отношении диких предков некоторых сельскохозяйственных культур, например, кукурузы, но это маловероятно для дальних сородичей. Эти дикие популяции с трудом поддаются управлению с целью их сохранения, следовательно, очень важны дикие популяции, произрастающие в определенных заповедниках (например, Биосферный заповедник Сьерра де Манантлан (Sierra de Manantlan) в Мексике, предназначенный для *Zea diploperennis*, но управляется как полезная площадь).

Так как природоохранные учреждения собирают данные по исчезающим видам многих представителей флоры, существует возможность получения обширной информации по видам, связанным с сельскохозяйственными культурами. Например, Браун и Брубейкер (2002) представили заключение о природоохранном статусе диких видов родов сельскохозяйственных культур, которые являются местными растениями в Австралии. Этот перечень выявил две основные черты: Более половины таксонов, имеющих отношение к сельскохозяйственным культурам, находятся под риском классификации под категорией «малоизвестных» для оценки их статуса, и только в отношении около 20% исчезающих сородичей культур можно будет подтвердить их наличие в охраняемых зонах. Это ставит перед государственными природоохранными стратегиями, направленными на улучшение этих мер, сложную задачу.

Однако мы признаем тот факт, что перечни видов, представленных в таком широком географическом масштабе, дают только общее представление о важных вопросах. В них нет подробностей о том, насколько ненадежен статус у таких видов или о заповедниках, где встречаются данные виды. Достоверная интерпретация зависит от информации о планах организационной деятельности и распределения выгод в сельской местности (например, вредит ли использование гербицидов популяциям диких сородичей, имеют ли фермеры доступ к выгодам от таких популяций). Широкомасштабные индикаторы сами по себе неточные и нечувствительны к изменениям. Кроме того, национальные программы способны улучшить такую статистику в числовом отношении, но, все же, маскируется генетическая эрозия посредством утери среды обитания в

сельском ландшафте.

Как и в случае с одомашненными растениями, перечни количества популяций и их классификации по размерам представляют собой более точную базу данных, которую можно внедрять на более низких уровнях, чем наличие видов и поэтому дает более точное представление о тенденциях. Рока и др. (2002) приводят подробный пример диких популяций лимской фасоли в Коста-Рике. Этот подход приемлем для редких и исчезающих видов, как свидетельствуют литературные источники по биологии популяций таких видов. Подобные данные могут скрывать следующие проблемы: Как размер в действительности связан с живучестью растений за пределами полей фермеров и как он связан с генетическим разнообразием? Как оценивать необходимые минимальные размеры, количества и распространенность? Несложно сочетать сходные виды, но как комбинировать количество и размеры популяций многолетних и однолетних древесных пород? Также следует проводить мониторинг динамики семенного банка.

Дикие сородичи продолжают привлекать исследователей к изучению генетической структуры популяций при помощи новых молекулярных методов и способов проверки устойчивости к болезням и экологическому стрессу. Подобные данные можно использовать для получения предположений о разнообразии (богатство аллелей или гетерозиготность), которое сохраняется при помощи различных стратегий или для отслеживания тенденций во времени. С более фундаментальной точки зрения, они раскрывают основные характеристики генетической системы, например криптическая полиплоидия, изменчивость селекционных систем или истощение самонесовместимых аллелей в *Rutidosia leptorrhynchoidea* (Young и др., 2000), которые невозможно показать только при помощи размеров популяций. Кроме того, при системах разведения, в которых превалирует самоопыление или апомиксис, популяции, с большей вероятностью, будут иметь различные уровни полиморфизма. Вновь созданные, широко распространенные, колониальные популяции будут менее изменчивыми, чем популяции в центре происхождения. В условиях сельского ландшафта, генетические исследования популяций диких сородичей, образцы которых собраны на полях фермеров, будут содержать ценную информацию о сравнительных реакциях на биотический и абиотический стресс.

Связи между мероприятиями In Situ и Ex Situ

Программы по сохранению и использованию генетических ресурсов *in situ* возможно будут включать и деятельность *ex situ*, если они направлены на

обеспечение устойчивости к различным условиям на полях. Примеры крайних случаев необходимости мер в обеих сферах – это катастрофы, например, войны, которые ведут к утере сортов *in situ* или значительной утере жизнеспособности образцов из генбанков. Следовательно, существует необходимость мониторинга связей между тактиками *in situ* (на ферме) и *ex situ* (крупные генбанки) для осуществления координированных мер. Вопрос заключается в том, насколько взаимосвязаны мероприятия, и какие дополнительные индикаторы необходимы для измерения прогресса на пути к сохранению разнообразия.

Взаимодополняемость образцов – это один уровень, оценку которого можно осуществить. Для какой из популяций в *in situ*, которым грозит исчезновение, существуют резервные образцы в *ex situ* коллекциях? Точно так же, какие из образцов, которые не подходят для хранения в семенных банках, быстро теряют жизнеспособность или требуют значительных затрат для регенерации, у скольких из них есть надежные источники в *in situ*?

Сотрудничество между учреждениями и фермерскими сообществами исключительно важно для осуществления совместных стратегий. Эти связи должны укрепляться, если стратегии будут успешно осуществляться. Механизмы для обмена информацией и технологиями, согласованные планы по обмену семенами и справедливое распределение выгод упрочнят эти связи.

Сложности исследований и возможности развития

Чем лучше мы будем понимать силы, воздействующие на изменчивость в *in situ* на полях фермеров, тем лучше будут осуществляться мониторинг и управление. На рисунке 2.1 изображена диаграмма основных характеристик схемы связей между исследованиями и деятельностью по развитию. Упор делается на понимание и использование эволюционных движущих сил, которые оказывают влияние на разнообразие на фермах. В двух прямоугольниках показаны эволюционные движущие силы, которые действуют *in situ* на уровне генетической структуры популяций. Слева показаны силы неизбирательных структурных процессов в популяции (например, размер популяции и флуктуации, миграция, система скрещиваний и рекомбинация) и воздействие на весь геном, а справа показаны селективные силы (в том числе, воздействие окружающей среды и решения фермеров), которые имеют отношение к функционированию генов. Такое разграничение, в некоторой степени, произвольное, потому что отбор – основной агент адаптивной эволюции – действует посредством дифференциального выживания, воспроизводства и рекомбинации. Все же, такое разграничение способствует организации вариантов исследовательской



РИСУНОК 2.1. Исследования и возможности развития в отношении генетических процессов в популяциях. Приоритетные сферы исследования (*вверху слева и справа*) и варианты управленческой деятельности и развития (*внизу слева и справа*), которые направлены на две группы факторов воздействующих на разнообразие на фермах.

и управленческой деятельности, позволяет увидеть возможности и отобразить их связи.

Основные идеи для исследований перечислены в верхних двух овалах, которые разделены в соответствии с группой действующих сил и генетическими изменениями, которые они вызывают. В случае сил, воздействующих на популяции в левой части диаграммы, исследования позволяют получить данные по количеству популяций и частоте аллелей генов-маркеров. Сопутствующие действия показаны в нижнем овале (например, системы снабжения семенами, содействие развитию местных сортов). Эти стратегии направлены на предотвращение изменений в численности популяций и переносе генов. Опыт изучения или осуществления данных мероприятий может быть использован для определения направлений дальнейших исследований.

В правой части диаграммы основное внимание уделяется адаптивной дивергенции и функциональному разнообразию популяций местных сортов. В число стратегий исследования входят анализ действий генов в микрочипах, тестирование реакций зародышевой плазмы на биотический и абиотический стресс и опрос фермеров на предмет критериев отбора в отношении биоразнообразия. Мероприятия по развитию, которые способствуют повышению разнообразия и имеют отношение к теме данного обсуждения, сводятся к партисипаторному сортоиспытанию и селекции растений, а также

усовершенствованию практики широкого внедрения разнообразия на полях и потоку информации и передаче технологий для улучшения селекции среди фермеров.

Разграничение между двумя видами сил и сопутствующих им мероприятиям может казаться неестественным из-за обилия взаимодействия и связей. Например, успешные схемы партисипаторной селекции поднимают вопросы о продвижении местных сортов, справедливом распределении выгод, снабжении семенами и распространении их продукции (например, утверждение сорта риса *Kalinga III* на северо-западе Индии, анализ проведен Witcombe и др., 1999). Однако при рассмотрении воздействия данных мер на разнообразие, целесообразно классифицировать их в соответствии с их основным воздействием на разнообразие всего генома посредством структуры популяции или на определенные гены посредством систем отбора.

Каким образом деятельность по развитию может служить ориентиром для дальнейших исследований? Одним из ответов на данный вопрос является воздействие ПСР на разнообразие на фермах. Вопрос о том, ведет ли ПСР к снижению или увеличению разнообразия очень важен, но по этому вопросу данных очень мало. Согласно предварительным результатам по сортам риса в Непале (Sthapit и Joshi, 1998) наблюдается обнадеживающее увеличение количества местных сортов для фермеров в пограничных возвышенных территориях в результате применения ПСР. Однако генерализуемость данного результата, а также его косвенные последствия на агробиоразнообразии и управление им на местах, должны быть подтверждены исследованиями.

Многочисленность целей использования – это хорошо известный ключевой фактор, который увеличивает вероятность сохранения разнообразия среди местных сортов. Можно привести в пример сорго в Эфиопии (Teshome и др., 1999) и маис в Латинской Америке (Taba, 1997) (таблица 2.5). Разнообразие предназначений, таким образом, является основной темой исследования и документального подтверждения. Такая информация обеспечивает исходные данные о местных знаниях, которые способны упрочнить системы диверсификационного отбора путем продвижения селекции для разнообразного многоцелевого использования сельскохозяйственных культур. Это может быть основной для молекулярных генетических исследований характеристик, связанных с диверсифицированными целями использования.

Заключение

Генетическое разнообразие заслуживает особое внимание в управлении

агробιοразнообразием, так как это первоочередный ресурс, в отношении которого предпринимаются попытки рационального использования. Несмотря на значительные трудности его измерения в условиях сельского хозяйства, мы должны знать эффективно ли снижается уровень генетической эрозии или этот процесс имеет тенденцию увеличения.

Генетическое разнообразие важно с двух точек зрения: структурные аспекты популяций, отражающиеся в мониторинге ген-маркеров и раскрывающие историю и текущую работоспособность системы; с функциональной точки зрения, обеспечение адаптации к разнообразию и экстремальным условиям окружающей среды в настоящее время и обеспечение возможной изменчивости для будущих потребностей.

Мы не можем рассматривать генетическое разнообразие как аморфный и недифференцированный объект, для которого достаточно наличие нескольких количественных параметров. Мы должны определить изменения, которые имеют значение. Какие действия будут предпринимать специалисты, занимающиеся *on-farm* сохранением, в случае изменений, и, какие индикаторы будут лучше всего подходить для того, чтобы отличить изменения, имеющие значения (эрозия или потеря), от изменений, которые присущи любой динамичной фермерской системе? Индикаторы для мониторинга управления генетическим разнообразием должны давать возможность следить как за генетической структурой популяций, так и функциональным разнообразием.

Целостный подход к сохранению и развитию агробιοразнообразия делает правильный акцент на перспективы экосистем, что распространяется на улучшение условий для человеческого общества. В общих чертах, такие подходы применяются для генетической эрозии и исчезающих видов. Однако они таят опасность допущения о том, что более устойчивое развитие агроэкосистем автоматически остановит потерю генетического разнообразия, и будет способствовать сохранению недостаточно используемых видов. Несомненно, некоторые исследователи задаются вопросом о целесообразности отслеживания генетического разнообразия в целом. Этот вопрос особенно уместен, учитывая расширяющиеся возможности современной молекулярной технологии для определения нашего генетического наследия на самом детальном уровне. В этой главе была предпринята попытка разъяснения задачи сохранения генетического разнообразия растений, и, предложены способы мониторинга прогресса на пути к более совершенным результатам сохранения. Стратегии должны быть направлены на рассмотрение вопросов, связанных как с видами, которые возделываются и, с которых собирается урожай, а также с дикими видами, встречающимися в экосистеме. В нескольких случаях, дикие виды, заслуживающие особого внимания, являются эволюционными

сородичами видов сельскохозяйственных культур. Последние данные по ПЕН подчеркивают особую значимость степени разнообразия на уровне генов и обширные различия между видами. Специалисты по управлению сталкиваются с увеличивающимся количеством новых оценок в отношении генетического разнообразия и схемы его изменения между фермами и изменений с течением времени. Критические индикаторы могут дать много данных. Характер дивергенции популяции является основным параметром, охватывающим вопросы от распознавания и присвоения названия местному сорту вплоть до основных моментов, касающихся критериев отбора у фермеров.

Выражение признательности

Данная работа является результатом глобального проекта «Укрепление научной базы для *In Situ* сохранения сельскохозяйственного биоразнообразия на фермах», осуществленного при поддержке ИПГРИ. Авторы хотели бы выразить благодарность правительству Швейцарии (Агентства Швейцарии по Международному Развитию и Сотрудничеству), Нидерландов (Главное Управление по Международному Развитию), Германии (Федеральное министерство по экономическому сотрудничеству / Германское агентство по техническому сотрудничеству), Канады (Международный Научно-Исследовательский Центр по Развитию), Японии (Агентство Японии по Международному Сотрудничеству), Испании и Перу за финансовое содействие.

Литература

- Aharoni, A. and O. Vorst. 2001. DNA microarrays for functional plant genomics. *Plant Molecular Biology* 48:99–118.
- Brown, A. H. D. and C. L. Brubaker. 2000. Genetics and the conservation and use of Australian wild relatives of crops. *Australian Journal of Botany* 48:297–303.
- Brown, A. H. D. and C. L. Brubaker. 2002. Indicators for sustainable management of plant genetic resources: How well are we doing? In J. M. M. Engels, V. Ramanatha Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson, eds., *Managing Plant Genetic Diversity*, 249–262. Wallingford, UK: CAB International.
- Bryan, G. J., P. Stephenson, A. Collins, J. Kirby, J. B. Smith, and M. D. Gale. 1999. Low levels of DNA sequence variation among adapted genotype of hexaploid wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 99:192–198.
- Charlesworth, D. and J. R. Pannell. 2001. Mating systems and population genetic structure in the light of coalescent theory. In J. Silvertown and J. Antonovics, eds., *Integrating Ecology and Evolution in a Spatial Context*, 73–95. Oxford, UK: Blackwell.
- Clegg, M. T. 1997. Plant genetic diversity and the struggle to measure selection. *Journal of Heredity* 88:1–7.
- Crow, J. F. and M. Kimura. 1970. *An Introduction to Population Genetics Theory*. New York: Harper

& Row.

- Frankel, O. H., A. H. D. Brown, and J. J. Burdon. 1995. *The Conservation of Plant Biodiversity*. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Gillespie, J. H. 1998. *Population Genetics: A Concise Guide*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Guarino, L., A. Jarvis, R. J. Hijmans, and N. Maxted. 2002. Geographic information systems (gis) and the conservation and use of plant genetic resources. In J. M. M. Engels, V. R. Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson, eds., *Managing Plant Genetic Diversity*, 387–404. Wallingford, uk: cab International.
- Hamrick, J. L. and M. J. W. Godt. 1997. Allozyme diversity in cultivated crops. *Crop Science* 37:26–30.
- Jarvis, D. I. and T. Hodgkin. 1999. Wild relatives and crop cultivars: Detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology* 8:S159–173.
- Jarvis, D. I., L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A. H. D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit, and T. Hodgkin. 2000. *A Training Guide for In Situ Conservation On-Farm*. Rome: ipgri.
- Lin, J. Z., P. L. Morrell, and M. T. Clegg. 2002. The influence of linkage and inbreeding on patterns of nucleotide sequence diversity at duplicate alcohol dehydrogenase loci in wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*). *Genetics* 162:2007–2015.
- Peacock, J. and A. Chaudhury. 2002. The impact of gene technologies on the use of genetic resources. In J. M. M. Engels, V. R. Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson, eds., *Managing Plant Genetic Diversity*, 33–42. Wallingford, uk: cab International.
- Rafalski, J. A. 2002. Novel genetic mapping tools in plants: snps and ld-based approaches. *Plant Science* 162:329–333.
- Rocha, O. J., J. Degreef, D. Barrantes, E. Castro, G. Macaya, and L. Guarino. 2002. Metapopulation dynamics of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in the central valley of Costa Rica. In J. M. M. Engels, V. R. Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson, eds., *Managing Plant Genetic Diversity*, 205–215. Wallingford, uk: cab International.
- Sthapit, B. R. and K. D. Joshi. 1998. Participatory plant breeding for in situ conservation of crop genetic resources: A case study of high altitude rice in Nepal. In T. Partap and B. Sthapit, eds., *Managing Agrobiodiversity*, 311–328. Kathmandu, Nepal: International Centre for Integrated Mountain Development.
- Taba, S. 1997. Maize. In D. Fuccillo, L. Sears, and P. Stapleton, eds., *Biodiversity in Trust*, 213–226. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Tenaillon, M. I., M. C. Sawkins, A. D. Kong, R. L. Gaut, J. F. Doebley, and B. S. Gaut. 2001. Patterns of dna sequence polymorphism along chromosome 1 of maize (*Zea mays* ssp. *mays* L.). *Proceedings of the National Academy of Science USA* 98:9161–9166.
- Teshome, A., A. H. D. Brown, and T. Hodgkin. 2001. Diversity in landraces of cereal and legume crops. *Plant Breeding Reviews* 21:221–261.
- Teshome, A., L. Fahrig, J. K. Torrance, J. D. Lambert, J. T. Arnason, and B. R. Baum. 1999. Maintenance of sorghum (*Sorghum bicolor*, Poaceae) landrace diversity by farmers' selection in Ethiopia. *Economic Botany* 53:69–78.
- Weltzien, E. and G. Fischbeck. 1990. Performance and variability of local barley landraces in Near-Eastern environments. *Plant Breeding* 104:58–67.
- Witcombe, J. R., R. Petre, S. Jones, and A. Joshi. 1999. Farmer participatory crop improvement. IV. The spread and impact of a rice variety identified by participatory varietal selection. *Experimental Agriculture* 35:471–487.
- Young, A. G., A. H. D. Brown, B. G. Murray, P. H. Thrall, and C. H. Miller. 2000. Genetic erosion, restricted mating and reduced viability in fragmented populations of the endangered grassland herb *Rutidosia leptorrhynchoidea*. In A. G. Young and G. M. Clarke, eds., *Genetics, Demography and Viability of Fragmented Populations*, 334–359. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Zhu, Y. L., Q. J. Song, D. L. Hyten, C. P. VanTassel, L. K. Matukumalli, D. R. Grimm, S. M. Hyatt, E. W. Fickus, N. D. Young, and P. B. Cregan. 2003. Single-nucleotide polymorphisms in soybean. *Genetics* 163:1123–1134.

Введение в генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур и их распространение в агроэкосистемах?

М. САДИКИ, Д. ДЖАРВИС, Д. РИДЖАЛ, ДЖ. БАДЖРАЧАРЬЯ, Н.Н. ХЬЮ,
Т.С. КАМАЧО-ВИЛЛА, Л.А. БЁРГОС-МЕЙ, М. САУАДОГО, Д. БАЛМА,
Д. ЛОУП, Л. АРИАС, И. МАР, Д. КАРАМУРА, Д. УИЛЬЯМС,
ДЖ.Л. ШАВЕЗ-СЕРВИЯ, Б. СТАПИТ и В.Р. РАО

Названия, которые фермеры присваивают традиционным сортам или местным сортам, являются основополагающими с точки зрения сущности и предназначения культур. Харлан (1975) рассматривает, как местные сорта распознаются морфологически, как фермеры называют сорта, что подразумевает тот факт, что местные сорта различаются в соответствии с адаптацией к типу почвы, временем сева, датой созревания, высотой, питательной ценностью, предназначения и другими характеристиками. Во многих исследованиях отмечается, как фермеры распознают и называют популяции сельскохозяйственных культур, которые они выращивают, в соответствии с агроморфологическими, экологическо-адаптивными, качественными и целевыми параметрами (Boster, 1985; Quiros и др., 1990; Bellon и Brush, 1994; Teshome и др., 1997.; Schneider, 1999; Soleri и Cleveland, 2001). Несмотря на обилие литературы о том, как фермеры называют свои сорта, малочисленны систематические исследования о последовательности в названиях сортов, которые фермеры в одном селе и более селах, дают своим сортам и в описаниях характеристик сортов. Еще меньше внимания уделялось наличию конкретных названий для каждой единицы разнообразия, управляемой фермерами, которые можно было бы сравнить (Jarvis и др., 2000).

Только недавно были начаты исследования о том, можно ли действительно использовать названия местных сортов в качестве основы для оценки разнообразия местных культур на фермах. Кроме того, все еще стоит вопрос о том, являются ли названные сорта поддающимися распознаванию единицами разнообразия, которыми управляют фермеры. Для обеспечения наличия полезного разнообразия важно выяснить являются ли выявленные единицы разнообразия, управляемые фермерами отчетливо генетически определенными популяциями на агроморфологическом, биохимическом или молекулярном уровне. Если названные фермерами сорта не являются

генетически отличающимися, тогда польза от выявления и количественного определения разнообразия в сельскохозяйственных экосистемах ограничена. И наоборот, если сорта, названные фермерами, генетически отличаются, тогда можно использовать структурированную выборку на основе названий для оценки степени разнообразия на ферме, а также для установления генетических связей между сортами. К тому же, информация о различимости сортов фермеров под похожими названиями может помочь в сохранении и использовании данного вида разнообразия, так как оно может быть утеряно, если им присвоить одинаковые названия.

Распространенность названий сортов внутри и между сообществами и регионами дает исходные данные для оценки богатства и однородности разнообразия на всем протяжении ландшафта. Степень разнообразия может значительно варьироваться от одного сорта культуры к другому. Определение того, какие сорта или особенности редко или часто встречаются в одной популяции или на определенном типе местности, помогает понять, каким образом разнообразие распространено на всем протяжении сельскохозяйственных ландшафтов. Основные сведения и убеждения фермеров о производственной площади, которой они распоряжаются, могут влиять на картину разнообразия. Если разнообразие – это ответ в поддержку фермерам в удовлетворении их сельскохозяйственных потребностей, тогда определение площадей с высокой степенью разнообразия очень важно. Это также включает выявление площадей, где местные сорта культур обладают способностью адаптации к специфичным параметрам окружающей среды. На этих территориях разнообразие играет свою роль в рациональном ведении сельского хозяйства.

В главе 2, Браун и Ходжкин рассматривают достижения молекулярной науки для количественной оценки разнообразия на ферме. В данной главе представлены недавние эмпирические исследования на полях фермеров и лабораторные оценки генетической индивидуальности, последовательности и распространения местных сортов культур на фермах.

Названия как индикатор разнообразия

Фермеры используют многие фенотипические характеристики растений для определения и отбора сортов растений. Эти агроморфологические критерии могут принимать самые разные формы, и, обычно имеют отношение к организации генетического материала культуры. Фермеры пользуются ими, чтобы распознать и назвать сорт культуры. Кроме того, фермеры зачастую

пользуются этими критериями при отборе семян для посева. При оценке разнообразия культур, выращиваемых на ферме, необходимо различать названия культур, которыми они пользуются, чтобы различать и отбирать сорта по признакам, используемым для оценки сортов, а также сортов, которые используются для отбора семян или черенков для следующих поколений. Например, фермер может определить названный им сорт маиса по цвету, форме листа и месту происхождения, ценить этот сорт за его кулинарные качества и выбирать семена среди потомства чистосортных семян. Исследование по таро (таблица 3.1) иллюстрирует, как буквальное значение названий может отличаться от идентификаторов, используемых фермерами для описания сортов таро (*Colocasia esculenta*), которым они дали свои названия в Бегнасе, Непале. При опросе домохозяйств было выявлено, что фермеры пользуются, как минимум, 15 ключевыми идентификаторами, чтобы различать сорта.

В Венгрии Мар и Холли (2000) сообщили, что названия, данные фермерами распространенным местным сортам фасоли, имели отношение к определенным агроморфологическим характеристикам культуры, в частности цвету семян (например, *fehérbab* = белая фасоль, *feketebab* = черная фасоль, *barnabab* = коричневая фасоль), и в нескольких случаях они были связаны с традиционным применением местных сортов (*menyecskebab* = фасоль молодой жены). Исследование, проведенное в Юкатане в Мексике, чтобы понять, как фермеры дают названия сортам маиса и управляют ими, показало, что цикл роста являлся основной характеристикой для различия между сортами, следующими характеристиками по важности являются форма и цвет початка и зерен. Основные характеристики для различия между популяциями в названных сортах – это форма листовой обвёртки початка, высота растения и размер зерна. Форма листовой обертки початка была самой важной характеристикой, потому что листовая обертка защищает зерно от вредителей во время хранения. Тонкая обертка вокруг крупных початков улучшенных сортов негативно повлияла на признание улучшенных сортов на данной территории (таблица 3.2; Arias и др., 2000; Chavez-Servia и др., 2000; Arias, 2004; Burgos-May и др., 2004; Latournerie Moreno и др., 2005).

Фермеры в Уганде дают названия сортам культурного банана, используя один или более признаков, выраженных в определенной местности, а также свойства, имеющие значение для них и других потребителей. Карамура (2004) классифицирует клоны бананов в высокогорной местности, используя признаки, которые важны как для фермеров, так и потребителей в пять кластеров, в которых признаки схожи. Например, клоны в одном кластере дают обильные корневые побеги, зреют быстро, а также при кулинарной обработке этого сорта получаются блюда мягкой консистенции; в другом кластере клоны

Таблица 3.1. Описание культиваров таро (*Colocasia esculenta*), Бегнас, Непал.

Местное название	Ботаническое название	Буквальные значения идентификаторов, используемых фермерами	Отличительные морфологические признаки
<i>Bhaishikhutte</i>	<i>Var. esculenta</i>	Множественные клубнелуковицы похожие на отпечатки ног буйвола, однолетние; неразветвленная клубнелуковица; большое количество почек, малое количество вторичных побегов; чашеобразная форма листа; морфотип, схожий с <i>hatipow</i> , <i>panchamukhe seto</i> , <i>panchamukhe</i>	Плоский тип и тип с множеством клубнелуковиц, медленное и позднее опадание листьев, белые почки
<i>Chhattre</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Зонтичная форма листьев; длинные и зеленые листья; красные почки с крупными клубнелуковицами	Клубнелуковицы в форме гантели с розовыми почками и конусообразными вторичными побегами
<i>Chhaure</i>	<i>C. esculenta</i>	Щенки; типы с множеством луковичек, похожие на щенков	Длинные вторичные побеги с красной почкой; круглая клубнелуковица
<i>Dhudhe karkalo</i>	<i>C. esculenta</i>	Молочно-белые стебель, почка, и сок; толстое растение; клубнелуковица отсутствует, но корневая система массивная; круглые листья; пригоден для выращивания в домашних огородах	Тип с множеством клубнелуковиц, отсутствие вторичных побегов, цилиндрическая форма клубнелуковицы и чашеобразная форма листа
<i>Gante</i>	<i>C. esculenta</i>	Невысокое; черный стебель, разветвляющаяся клубнелуковица и крупный вторичный побег; красные почка, стебель и оболочка; круглая, небольшая клубнелуковица	Клубнелуковица в форме гантели с крупными клубнелуковицами
<i>Hattipow</i>	<i>Var. esculenta</i>	Форма луковицы, похожая на ногу слона; высокие и толстые растения; беловатые и широкие листья, крупные множественные клубнелуковицы со сдавленными почками; светло-зеленый стебель; жесткий (<i>jeeto</i>) лист; малое количество вторичных побегов; адаптировано для поля	Плоские клубнелуковицы и клубнелуковица множественных типов; медленное и позднее опадание листьев, белые почки

Таблица 3.1. Продолжение

Местное название	Ботаническое название	Буквальные значения идентификаторов, используемых фермерами	Отличительные морфологические признаки
<i>Kaat</i>	<i>Var. esculenta</i>	«Прост в приготовлении» на диалекте Гурунг; мягкий лист круглой формы, отличные кулинарные качества, похож на <i>rato ranchamukhe</i>	Красные почки, большое количество почек
<i>K'hari chhoto</i>	<i>C. esculenta</i>	Невысокая клубнелуковица; розовый стебель; длинный размер клубнелуковицы, похожий на <i>thagne khari, thangne, khari pindalu</i>	Клубнелуковица растет вертикально; таро покрыто перистой оболочкой
<i>K'hari pindalu</i>	<i>C. esculenta</i>	Цилиндрическая клубнелуковица	
<i>K'hujure</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Множественные вторичные побеги; с большим количеством небольших вторичных побегов; вызывающие зуд клубнелуковицы; большое количество клубнелуковиц с белыми почками, белыми стеблями; темно-фиолетовые соединения стебля; фиолетовая кромка листа; круглая форма листа	Круглая клубнелуковица и вторичные побеги с белыми почками; клубнелуковицы острые на вкус
<i>K'hujure kalo</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Черные множественные вторичные побеги; черный стебель, съедобны и клубнелуковица вторичные побеги; не вызывает зуд; белые почки; большое количество вторичных побегов; фиолетовый стебель (<i>kalo</i>), длинный лист	Разветвленная клубнелуковица, круглая с белой почкой
<i>K'hujure seto</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Белые множественные вторичные побеги; черный стебель, клубнелуковица и вторичные побеги вызывают зуд; большое количество вторичных побегов; большое количество черных стеблей, фиолетовая кромка листьев	Разветвление, клубнелуковица и вторичные побеги круглой формы и очень небольшого размера, с белой почкой

Таблица 3.1. Продолжение

Местное название	Ботаническое название	Буквальные значения идентификаторов, используемых фермерами	Отличительные морфологические признаки
<i>Kaat</i>	<i>Var. esculenta</i>	«Прост в приготовлении» на диалекте Гурунг; мягкий лист круглой формы, отличные кулинарные качества, похож на <i>gato rapchapakhe</i>	Красные почки, большое количество почек
<i>Khari chhoto</i>	<i>C. esculenta</i>	Невысокая клубнелуковица; розовый стебель; длинный размер клубнелуковицы, похожий на <i>thagne khari, thangle, khari pindalu</i>	Клубнелуковица растет вертикально; таро покрыто перистой оболочкой
<i>Khari pindalu</i>	<i>C. esculenta</i>	Цилиндрическая клубнелуковица	
<i>Khujure</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Множественные вторичные побеги; с большим количеством небольших вторичных побегов; вызывающие зуд клубнелуковицы; большое количество клубнелуковиц с белыми почками, белыми стеблями; темное фиолетовое соединения стебля; фиолетовая кромка листа; круглая форма листа	Круглая клубнелуковица и вторичные побеги с белыми почками; клубнелуковицы острые на вкус
<i>Khujure kalo</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Черные множественные вторичные побеги; черный стебель, съедобны и клубнелуковица вторичные побеги; не вызывает зуд; белые почки; большое количество вторичных побегов; фиолетовый стебель (<i>kalo</i>); длинный лист	Разветвленная клубнелуковица, круглая с белой почкой
<i>Khujure seto</i>	<i>Var. antiquorum</i>	Белые множественные вторичные побеги; черный стебель, клубнелуковица и вторичные побеги вызывают зуд; большое количество вторичных побегов; большое количество черных стеблей, фиолетовая кромка листьев	Разветвление, клубнелуковица и вторичные побеги круглой формы и очень небольшого размера, с белой почкой

Таблица 3.2. Признаки, используемые фермерами для различия сортов кукурузы в Яшкабе, Юкатан, Мексика.

Сорта, названные фермерами*	Початок			Стержень кукурузного початка (сердцевина)				Зерно			Стебель		Цикл
	Размер	Форма	Цвет	Оболочка	Размер	Цвет	Изгиб	Цвет	Форма	Высота	Толщина	Цвет	Месяцы
<i>X'niik nal kanna</i>	Крупный	Длинный	Окрашенный	Толстая, цвет	Толстый, длинный, тонкий	Окрашенный		Желтое	Крупное	Высокий	Толстый	Фиолетовый	3.5–4.5
<i>X'niik nal saknal</i>	Крупный	Толстый	Окрашенный	Толстый, длинный	Тонкий, толстый, тонкий	Окрашенный		Белое	Крупное	Высокий	Толстый		3.5–4.4
<i>X'he ub</i>	Крупный		Окрашенный	Много листьев	Толстый, тонкий	Окрашенный	Толстый, тонкий	Фиолетово-черное	Крупное, мелкое	Высокий			2.5–3.5
<i>X-mejen kanna</i>	Маленький	Круглый	Окрашенный	Толстая	Небольшой			Желтое	Мелкое, твердое	Короткий, высокий			2–2.5
<i>X-mejen nal, saknal</i>	Маленький, ровный		Окрашенный	Толстая	Небольшой, цвет			Белое	Крупное, форма	Короткий, высокий			2–3
<i>X-tur nal</i>	Маленький с острием		Окрашенный	Толстая с большим количеством	Толстый				Мелкое	Короткий			2–2.5
<i>Ts'it bakal</i>	Маленький, крупный			Листьев									
				Тонкая с точками	Тонкий, длинный					Высокий			3–3.5
<i>Nal xou</i>	Крупный		Окрашенный	Колочки, толстая	Толстый				Мелкое	Высокий			3–3.5

Источники: Morales-Valderama и Quiñones- Vega, (2000), данные проанализированы Claudia Ezuquigge, 2002

*kanna = желтый; saknal =белый; xhe ub = фиолетовый

медленно дают корневые побеги, долго зреют, а при их кулинарной обработке получаются блюда твердой консистенции. Признаки, используемые фермерами, в частности, те которые проявляются на территории проживания фермеров, постоянны в значительной степени, но не полностью. Признаки важные для фермеров и потребителей базируются на долгом опыте и селекции похожих свойств, которая осуществлялась в течение многих поколений.

Исследования по маису в Мексике и конским бобам в Марокко показывают, что фермеры могут делать акцент на свойстве для обособления популяций в сортах, которые отличаются от свойств, используемых для разграничения сортов. В случае маиса и конских бобов, морфологические свойства важны для распознавания сортов, тогда как адаптивные и эксплуатационные свойства используются чаще для распознавания популяций местных сортов с одним названием (таблица 3.3; см. также Cazarez-Sanchez, 2004 и Cazarez-Sanchez и Duch-Gary, 2004 по поводу питательных и физических качеств местных сортов маиса и их связь с особыми блюдами). Интересно, что скороспелость, или время сбора урожая, очень важны для проведения различий между сортами в Юкатане, где короткий цикл роста важен во избежание периодов засухи, тогда как в Марокко, цикл роста используется для различия между популяциями одного сорта.

Таблица 3.3. Сравнение некоторых свойств, используемых фермерами, чтобы различать между сортами конских бобов в Марокко и маиса в Юкатане, Мексика

	Морфология					Цикл роста	Адаптация		Применение	
	Форма стручков, длина (кб)	Цвет семян	Размер семян	Форма листка (кб)	Толщина листовой обертки початка (мс)	Время сбора урожая	Засухоустойчивость	Светостойкость	Кулинарные возможности или легкость приготовления	Легкость удаления зерна от сердцевины
<i>Конские бобы</i>										
Различие между сортами	X	X	X							
Различие внутри сортов (маточная серия клеток)				X		X	X		X	
<i>Маис</i>										
Различие между сортами	X	X	X			X				
Различие внутри сортов (маточная серия клеток)				X	X		X	X		X

Источник: Arias и др. (2000); Sadiki и др. (2001); Morales-Valderrama и Quiñones-Vega (2000).

Название, данное одним фермером сорту культуры, может быть похожим на название, данное этому сорту фермерами в другой деревне, но по мере увеличения расстояния названия могут быть уже не настолько схожи как в соседствующих селах. Данные, полученные в Эфиопии, показали, что различные названия одного сорта отражают акцент, который делают фермеры или сообщества на разные качества сорта. В пример можно привести твердые сорта пшеницы в Эфиопии: В некоторых селах их называют «белые», тогда как в других этот же сорт называется «ранними» (Tanto, 2001). Тесфайе и Люддерс (2003) получили схожие данные в Эфиопии по энсете, культура, которую разводят при помощи клонирования с использованием местных сортов, для которых несколько местных сортов были названы разными именами на разных территориях.

Даже в пределах села, разные фермеры могут дать разные названия одному и тому же сорту культуры. Саадаго и др. (2005) измерили постоянство фермеров в пределах отдельных участков в Буркина-Фасо в названии сортов сорго (таблица 3.4). Названия сортов связаны с морфологией растений (высота, форма, цвет, размер и цвет зерна, величина раскрытия шелухи для злаков), агрономической реакцией (цикл роста, дата цветения), адаптацией к окружающей среде (выносливость во время засухи, устойчивость к вредителям,

Таблица 3.4. Последовательность местных фермеров в названии сортов сорго, Буркина-Фасо

Наиболее распространенные названия, которые дают сортам	Фермеры, распознающие сорта под распространенными названиями в местностях, где этот сорт выращивается повсеместно		Другие названия, которые фермеры дают в одной или обеих местностях (%)		
	Месность Тиюгоу (Thiougoou) (6 сел)	Местность Тоугоури (Tougouri) (6 сел)	Название 2	Название 3	Название 4
<i>Kurbuli</i>	100	5,55	0	0	0
<i>Zugilga</i>	0	100	33,34	0	0
<i>Zuwoko</i>	72,22	0	77,8	27,77	22,22
<i>Fibmiugu</i>	83,4	0	77,8	22,22	16,66
<i>Z. fi bsablega</i>	100	16,70	83,4	0	0
<i>Gambré</i>	100	0	0	0	0
<i>Z. wabugu</i>	0	94,44	100	5,55	0
<i>Balingpelga</i>	0	100	100	0	0
<i>Pokmiugu</i>	5,55	7 7,8	94,44	22,22	0
<i>Pisyobe</i>	0	50	27,77	22,22	0
<i>Zuzeda</i>	0	72,22	27,77	22,22	0

Источник: Sawadogo и др. (2005)

болезням, птицам, адаптация к почве) и применением (употребление в пищу в свежем виде, кулинарные качества, вкус). Определенные различия в названиях сортов в одной деревне или сообществе отражают различия в языке, на котором называют определенный сорт. Например, сорт *pokmiugu* на Тиоугоу (Thiougoou) и *fibmiugu* на Тоугоури (Tougouri). *Pok* - это *fiba* и означает «шелуха» на языке Мооре, таким образом, *fibmiugu* – это *pokmiugu*. Некоторые сорта (*kurbuli* и *gambré*) известны только в одной местности, тогда как сорта *zuwoko* и *de fibmiugu* были обнаружены только в одной местности, но были известны фермерам из других местностей под тремя разными названиями (*pokmiugu*, *banigpelega*, *fibmiugu*).

Агрономические свойства как индикатор разнообразия

Уровень, на котором оценивается генетическое разнообразие культуры, дает разную информацию о количестве и типах сохраняемого разнообразия. Подсчет численности сортов с названиями для оценки богатства сорта в разрезе пространственной и временной шкалы использовался для обозначения разнообразия, сохраняемого в условиях фермы по множеству основных культур, в том числе и картофеля (Quiros и др., 1990; Brush и др., 1995; Zimmerer, 2003), кукурузы (Bellon и Taylor, 1993; Bellon и Brush, 1994, Louette и др., 1997), фасоли (Martin и Adams, 1987, Voss, 1992), тапиоки (Boster, 1985) и сорго (Teshome и др., 1997, см. также главу 2). Еще открытым остается вопрос о том дает ли использование наименований сортов культур достоверные данные о разнообразии сортов местных культур, потому что фермеры непоследовательны в наименовании и описании местных сортов культур (Jarvis и др., 2004).

В Марокко, Садики и др. (2001, 2002 г) выявили, что фермеры в разных селах используют разные наименования для обозначения сортов конских бобов, характеризующихся одним и тем же набором свойств семян и стручков. Наименования и описания фермеров местных сортов конских бобов на севере Марокко были собраны вместе с образцами семян из 185 ферм, выбранных по случайной схеме в 15 селах, относящихся к пяти сообществам в трех провинциях. Фермеров попросили перечислить названия и описать известные им местные типы сортов конских бобов, и те, которые они выращивают. Характеристики каждого культивара были перечислены наряду с отличительными признаками в соответствии с утверждениями каждого фермера. Согласованность названий, которые фермеры дают местным сортам конских бобов, оценивалась при помощи процентного соотношения фермеров, распознающих один сорт по

Таблица 3.5а. Названия и описания сортов конских бобов, данных фермерами во время полевых исследований о типах, о которых они слышали, знают, видели или выращивают в Марокко.

Название сорта	Сорт код	Длина стручка	Число семян в стручке	Размер Семян (мг/семя)	Цвет Семян	Форма стручка
<i>Foul sbaï labiade</i>	A	Длинный	7	Большой (>1,5)	Светло-Желтый	Сплюсненные
<i>Foul sbaï lahmar</i>	B	Длинный	6–7	Большой	Коричневый	Сплюсненные
<i>Foul roumi</i>	C	Длинный	6–7	Большой	Коричневый	Сплюсненные
<i>Lakbir lahmar</i>	D	Длинный	6–7	Большой	Коричневый	Сплюсненные
<i>R'baï labiade</i>	E	Средний	4–5	Большой	Светло-Желтый	Сплюсненные
<i>R'baï laghlid lahmar</i>	F	Средний	4–5	Большой	Коричневый	Сплюсненные
<i>Khmassi laghlide khdar</i>	G	Средний	4–5	Большой	Зеленый	Сплюсненные
<i>Foul beldi lou l'khal</i>	H	Средний	4–5	Большой	Фиолетовый	Сплюсненные
<i>T'lati laghlide beldi</i>	I	Короткий	3	Большой	Темно-Коричневый	Сплюсненные
<i>Beldi moutouassate labiade</i>	J	Средний	4–5	Средний (0,8–1,5)	Светло-Желтый	Сплюсненные
<i>Foul beldi aadi</i>	K	Средний	4–5	Средний	Светло-Желтый	Сплюсненные
<i>Moutouassate labiade</i>	L	Средний	4–5	Средний	Светло-Желтый	Цилиндрические
<i>Foul lahmar moutouassate</i>	M	Средний	4–5	Средний	Светло-Коричневый	Сплюсненные
<i>Foul moutouassate lou l'khal</i>	N	Средний	4–5	Средний	Фиолетовый	Цилиндрические
<i>Moutouassate labiade</i>	O	Средний	4–5	Средний	Коричневый	Цилиндрические
<i>Beldi moutouassate lakhdar</i>	P	Средний	4–5	Средний	Зеленый	Сплюсненные
<i>Beldi (A)</i>	Q	Короткий	3	Средний	Светло-серый	Сплюсненные
<i>Beldi (B)</i>	R	Короткий	3	Средний	Светло-серый	Цилиндрические
<i>Beldi (C)</i>	S	Короткий	3	Средний	Фиолетовый	Сплюсненные
<i>Foul r'guigue lahmar</i>	T	Короткий	3	Мелкий (<0,8)	Коричневый	Цилиндрические
<i>Filt labiade</i>	U	Короткий	3	Мелкий	Светло-серый	Цилиндрические
<i>Fouila baldia khadra</i>	V	Короткий	3	Мелкий (<0,8)	Зеленый	Цилиндрические
<i>Foul bouzid s'ghir</i>	W	Короткий	3	Мелкий (<0,8)	Фиолетовый	Цилиндрические
<i>Lou l'khal s'ghir</i>	X	Короткий	3	Мелкий (<0,8)	Черный	Цилиндрические

одинаковому названию и описанию.

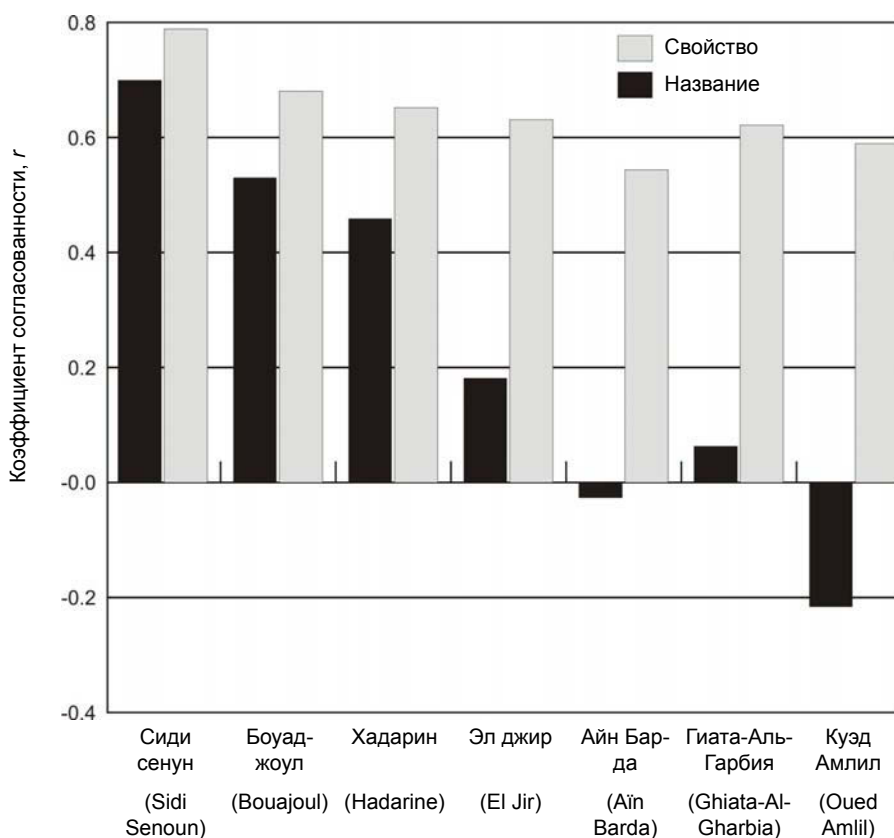
В таблице 3.5а показаны сорта с разными названиями, например *foul sbai lahmar*, *foul roumi*, и *lakkir lahmar*, но фермеры узнают их по одинаковым свойствам. В других примерах, такие сорта как *moutouassate labiade* описаны по-разному разными фермерами. В заключении, встречались случаи, когда сортам не давали определенных названий, но их определяли их под общим названием *beldi*, хотя фермеры могли найти различия между разными единицами в категории *beldi* без упоминания точных названий.

Проверялась согласованность в определении фермерами наименований сортов конских бобов в восьми Марокканских селах в трех различных сообществах при помощи непараметрического коэффициента корреляции для пар сел на основе хи-квадрата (Таблица 3.5b). Приведен пример по одному из сортов конских бобов, где показано, что степень согласованности снижается по мере увеличения географического расстояния. Садики (неопубликованные данные) также сравнил согласованность в названиях сортов с набором свойств для описания сортов и обнаружил, что набор свойств для описания сорта более согласован в разрезе географических территорий, чем названия сортов. Согласованность названий сортов среди фермеров выше всего между близкорасположенными селами (села в одном сообществе). Индекс согласованности (коэффициент корреляции) уменьшается по мере увеличения дистанции между селами, намного быстрее в отношении названий, в сравнении со свойствами (рис. 3.1), указывая на то, что набор агроморфологических свойств имеют больший потенциал к большему постоянству в разрезе географического пространства, чем названия.

В Венгрии, Мар и др. (2004) обнаружили, что в отношении фасоли обыкновенной в некоторых случаях фермеры различают сорта фасоли по агроморфологическим свойствам, но называли их только видовым обозначением *бобы*. Это схоже с системой названий для ячменя в Марокко, где большинство местных сортов назывались *beldi*, что означает «местный», в сравнении с современными интродуцированными сортами.

Несмотря на это, фермеры уверенно определяют и обособляют отдельные сорта на основании семян, початка и характеристик растения, выхода соломы и качества фуража, и, часто, качества муки (Rh'rib и др., 2002).

В противоположность конским бобам, исследования по твердой пшенице в Марокко указывают на то, что фермеры выделяют широкие категории, состоящие из разных сортов или компонентов (Taghouti и Saidi, 2002). Такая метаклассификация основывается на характеристиках початка, в частности, это зависит от цвета (черный или белый). В каждой категории, у сортов есть одинаковые распространенные наименования, но фермеры отличают их по



Села (классифицированные по географической удаленности в км от Айн Кчир (Ain Kchir))

РИСУНОК 3.1. Сравнение согласованности названий с согласованностью свойств среди сел по сорту конских бобов *foul sbai labiade* на основе индекса согласованности (r). Коэффициент корреляции между r (индекс согласованности) и d (расстояние в км. от с. Айн Кчир (Ain Kchir) до других 7 сел) по названиям и свойствам = -0,537 и -0,173, соответственно; степень значимости корреляции названий и свойств = 0,002 и 0,280, соответственно (M. Sadiki, M. Arbaoui, L.G. Houti и D. Jarvis, неопубликованные данные, 2004).

другим свойствам, таким как качество муки и высота растения. В другом случае, сортам люцерны в Марокко часто дают названия в соответствии с географическим происхождением. Названия сортов люцерны, местом происхождения которых является один и тот же экоучасток, являются обобщенными и отражают Различаются две основные группы: *demante* (горная местность) и *rich* (оазисная зона). Две группы отличаются друг от друга по форме роста, скорости роста после обрезки и зимостойкости. В каждой группе,

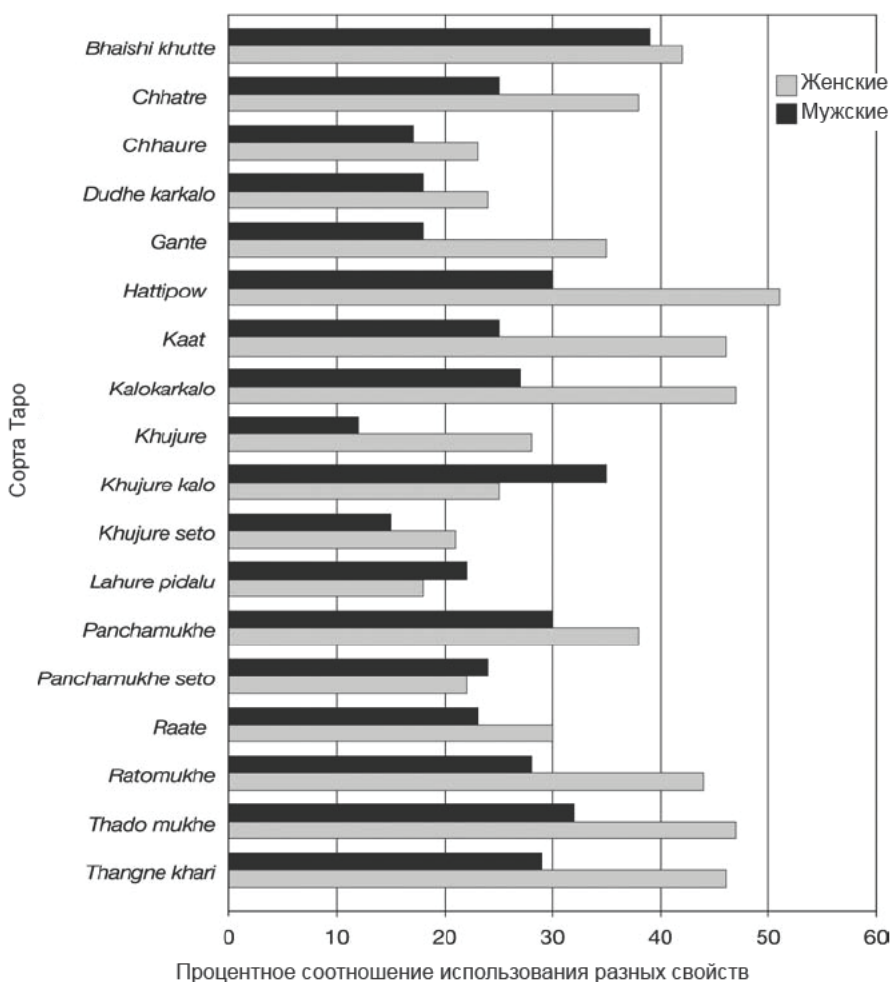


РИСУНОК 3.2. Описание названий сортов таро, данных фермерами мужчинами и фермерами женщинами (процентное соотношение использования разных свойств для каждого сорта) (Deepak Rijal, неопубликованные данные, 2004). Различие в частоте использования определенных свойств женщинами в сравнении с этим показателем у женщин было исследовано Уилкоксоном ($Z = -5,696$).

фермеры разделяют сорта на основе агрономических и морфологических свойств растения (Bouzeggaghen и др., 2002).

Если наборы свойств являются объединяющей единицей для распознавания сортов, все ли фермеры распознают один и тот же местный сорт по одинаковым свойствам? Могут ли влиять разные интересы представителей обоих полов на выбор названия для единицы разнообразия и тенденции разнообразия в условиях фермы? Исследования практики наименования местных сортов таро

в Непале, как показано на рисунке 3.2, свидетельствуют о том, что женщины более последовательны, чем мужчины в отношении свойств, которые используются для описания отдельных сортов таро. Фермеры охарактеризовали 18 местных сортов таро в сравнении с 24 идентификаторами, имеющими отношение к клубнелуковице (тип, форма, размер, рост), вторичным побегам (количество, размер), листу (форма, размер, текстура, цвет), черешкам (цвет, цвет обертки листа, количества), высоте растения (короткое, средней длины, высокое), и корневой системе (массивная). В сравнении с мужчинами-фермерами, женщины-фермеры использовали одинаковые обозначения чаще для местных сортов и с большей достоверностью распознавали определенные идентификаторы, чем мужчины, когда их просили охарактеризовать местные сорта. Мужчины различают сорта только по характеристикам луковицы и побегов, чтобы отличить один сорт от другого, а женщины обращают внимание на вторичные побеги, форму листа и размер, форму роста в качестве дополнительных идентификаторов.

Во Вьетнаме было проведено похожее исследование, результаты которого показали, что уровень согласованности среди женщин (80,57–98,5%) немного выше, чем среди мужчин (78,2–94%), но это незначительно с точки зрения статистики для наименования и описания 47 сортов таро на семи участках на территории Вьетнама (Canh и др., 2003; Hue и др., 2003).

Названия фермеров для сортов и генетические отличительные признаки

Названия или свойства, используемые фермерами, чтобы различать сорта, могут быть согласованными в одном селе и между селами, но, все же, это не дает ответа на вопрос о степени, в которой данные единицы, названные фермерами, генетически обособлены или на каком уровне – агроморфологическом, биохимическом, молекулярном – можно обнаружить это различие.

Проводились кластерные анализы агроморфологических данных названных сортов риса с трех участков на разной высоте в Непале (Бара, < 100 м; Каски/Бегнас, 600–1400 м; и Джумла, 2200–3000 м) для оценки отличительных признаков названных сортов на агроморфологическом уровне (Vajracharya, 2003; Vajracharya и др., 2006; рис. 3.3). На двух нижних участках склонов идентично названные популяции местного сорта сгруппированы вместе, что свидетельствует о высокой степени согласованности в наименованиях и агроморфологических описаниях, тогда как на участке Джумла на возвышенности, на котором было множество наименований, была обнаружена

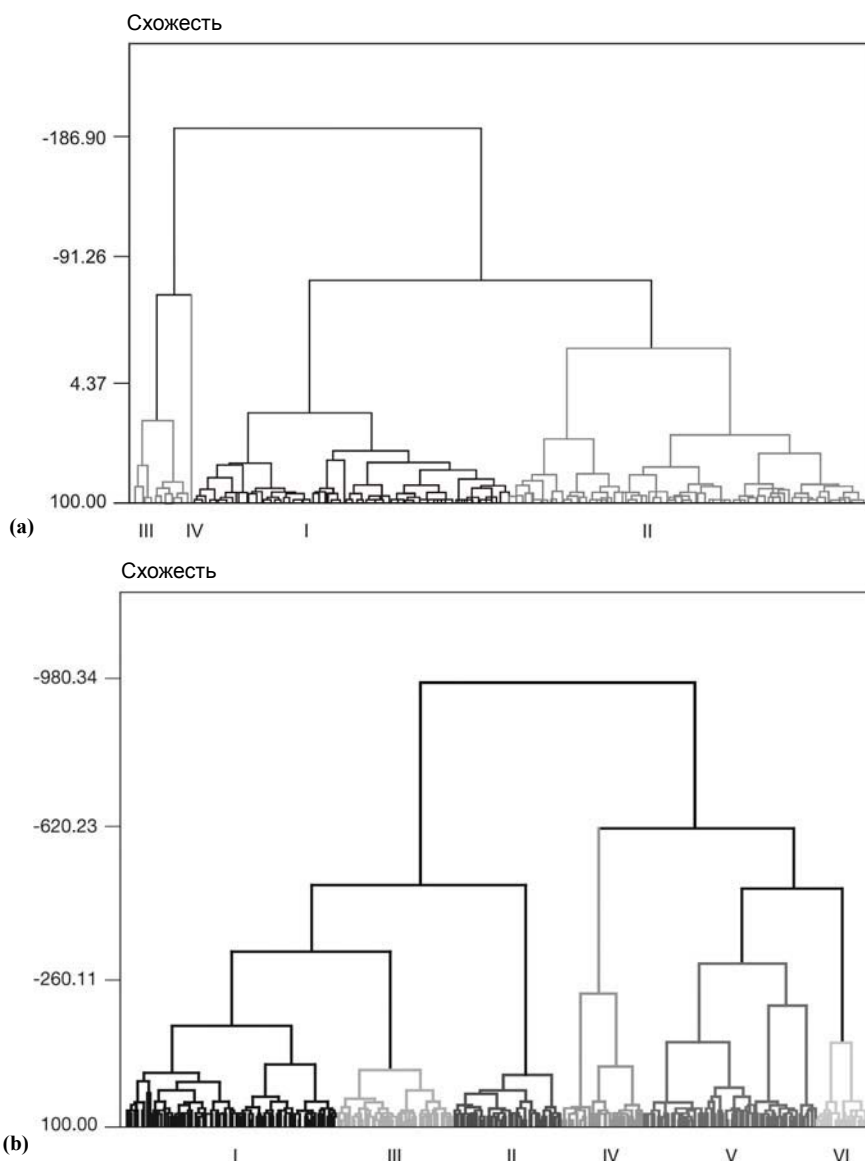


РИСУНОК 3.3. Дендрограмма сортообразцов риса с трех участков и проверка современных сортов, Непал (Bajracharya, 2003 ; Bajracharya и др., 2006). **(а)** Участок Джумла: Разнообразие наименований, но низкий уровень генетического (морфологического) разнообразия местных сортов Рис. 3(а) адаптирован из Баджрачарья и др., 2006 ; цвет ости и рыльца являются отличительными признаками. **(б)** Участок Каски: Идентично названные сгруппированные популяции местного сорта, в которых проявляется высокая степень согласованности в названиях и агроморфологических описаниях; был обнаружен широкий диапазон агроморфологической изменчивости; значение имели морфологические признаки листа и зерна. **(с)** Участок Бара: Фермеры четко группируют единицы разнообразия и агроэкосистемы, что свидетельствует о высокой степени согласованности в наименованиях и агроморфологических описаниях; количественные признаки объяснялись в 60% полной изменчивости в анализе главных компонент; значение имеют признаки, касающиеся срока.

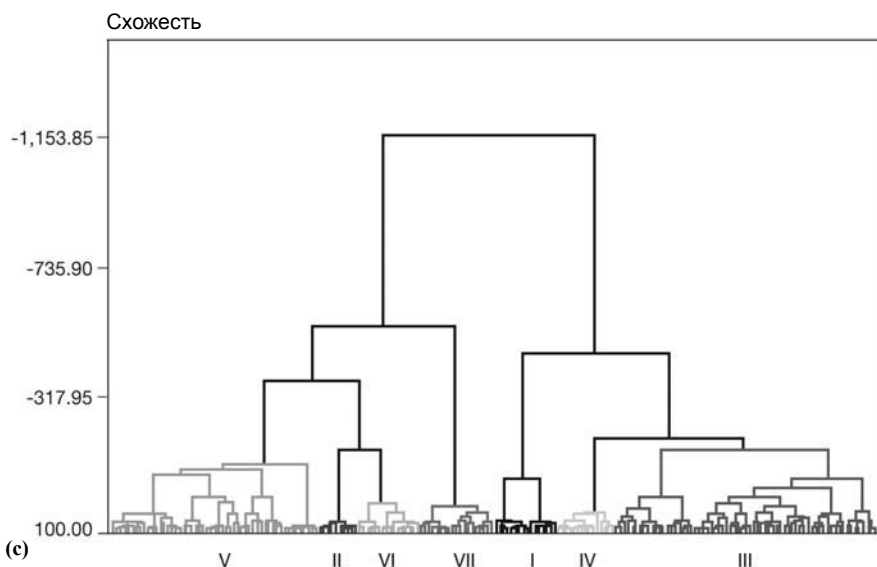


РИСУНОК 3.3. *продолжение*

низкая степень морфологического разнообразия среди измеренных признаков.

При количественной оценке морфологии таро во Вьетнаме была обнаружена изменчивость среди подобных названий (Най и др., 2003) и между местными сортами таро с разными названиями (Ние и др., 2003; Туен и др., 2003). Работа с культиварами риса в Индии и в долине Кагаян в Филиппинах показала, что образцы с одинаковыми названиями часто имели довольно разную генетическую структуру на биохимическом и молекулярном уровне (Pham и др., 1999, Sebastian и др., 2001).

Подобный анализ генетических различий между сортами конских бобов, определенных фермерами в Марокко, то есть проведение агроморфологической оценки с использованием 10 одинаково описанных сортов среди 14, выращиваемых в регионе, выявил большой объем фенотипического разнообразия в этих типах сортов в отношении большинства изученных характеристик (Sadiki и др., 2002). В результате иерархического кластерного анализа и многомерного дискриминантного анализа было выявлено, что партии семян, носящие одинаковые названия, обычно группируются вместе. Эти результаты соответствуют фенотипическому описанию фермерами типов, свидетельствующего о том, что эти популяции, единицы, которым названия дали фермеры, являются обособленными, а признаки имеют генетическую основу. Данные по генетическому расстоянию, основанные

на предварительных молекулярных маркерах, с использованием быстрой амплификации полиморфных ДНК подтвердили, что различия между партиями семян различных типов превосходят различия между партиями семян с одинаковыми названиями (Belqadi, 2003; Benchekchou, 2004). В Марокко принцип ранжирования сортообразцов по 10 местным сортам на основании фенотипических признаков в значительной степени соответствует тому, как фермеры описывают конские бобы (Belqadi, 2003). В таблице 3.6 показано, что 94% от проанализированных 70 сортообразцов были правильно классифицированы по типу сорта на основе сходности агроморфологических признаков. Следовательно, принцип фенотипического группирования в значительной степени совпадает с описаниями местных сортов, данных фермерами. Разграничение сортов на основе фенотипических характеристик соответствует представлениям фермеров о том, как называть сорта. В отношении 10 вышеназванных сортов, единицы разнообразия, определенные фермерами совпадают с единицами рассчитанного фенотипического разнообразия.

Приемлемая изменчивость наименований и генетические отличительные признаки

Какова степень изменчивости, ассоциируемая с «сопоставимым» названием? В Уганде, новые клоны бананов могут оказаться на новой территории без их исходных названий и им могут дать новые названия, точно так же, как и этнические группы могут изменить название после того, как они получают новый клон (Karamura и Karamura, 1994). Для выявления возможного дублирования 192 вариантов названных бананов, Карамура (1999) сначала сделал попарную оценку несовпадений для пар отдельных представителей клона одного растения по 61 морфологической характерной особенности. Пары отдельных представителей клона имели коэффициент расстояния от 0,044 до 0,147. Эти данные были использованы для анализа местных сортов с одинаковыми названиями, но различными представителями клонов, чтобы определить являются ли образцы генетически отличающимися сортами. Было выявлено 79 клонов из 192 названных сортов. 18 пар сортообразцов с одинаковыми названиями имели значения несовпадения меньше 0,1, что дает им схожие значения отдельных представителей клона, полученных с одного растения. В четырех парах параметры сходства выходят за пределы диапазона отдельных представителей клона и поэтому их можно считать разными клонами.

Фермерские механизмы управления разнообразием

При обсуждении вопроса об управлении единицами разнообразия со стороны отдельных фермеров, в сравнении с непосредственным использованием названия сорта возникает ряд вопросов: Является ли данная единица настолько уникальной, насколько она динамичная и может измениться с течением времени? Будет ли единица уникальной, если провести параллель между названным сортом и информатором, который дал это название? Названия и признаки для описания названных сортов могут различаться не только в разрезе пространства, но и во времени. Название может оставаться тем же, а признаки, которые используются для описания, сорта могут меняться. Таким же образом, признаки, при помощи которых фермеры описывают сорт, могут оставаться теми же, но наименование, относящееся к данному набору признаков, может меняться со временем, когда новые фермеры внедряют и начнут выращивать данный сорт. Фермеры могут также модифицировать общие названия, добавляя новые обозначения к названию по мере возникновения новых признаков в их популяции (см. Pandey и др., 2003, где приводится пример люфы цилиндрической или Rijal и др., 2003, пример таро). Изменения названий могут также зависеть от того, как традиционные знания об этих сортах меняются от поколения к поколению от изменения отношения и представлений об этих сортах со временем. Все эти возможные варианты объединяет концепция того, что генетическое строение популяций местных сортов не статическое, а продолжает развиваться с течением времени (Brown, 2000). Когда фермеры отбирают семена или растения для следующего поколения, признаки могут остаться теми же или поменяться, что может привести к изменениям в генетической структуре растения (см. главу 4).

Может получиться так, что признаки, наиболее важные для фермера для обособления сорта могут быть неразличимы на генетическом уровне от тех, которые используются исследователем для обособления одного сорта от других. В Нигерии, Буссо и др. (2000) обнаружили, что практика управления фермерами просом африканским, перекрестно опыляемым растением, привела к большим различиям между фермерами, чем между сортами с одинаковыми названиями, которые выращиваются разными фермерами. Так, отдельные местные сорта под разными наименованиями, которые выращиваются одним фермером, более схожи по генетической структуре, чем местные сорта, с одинаковым названием, выращиваемые разными фермерами. В этом случае, признаки, применяемые фермерами для обособления сортов с разными названиями, не привели к генетической схожести на молекулярном уровне. Подобным образом, в случае с маисом в Мексике (еще один перекрестно

опыляемый вид) Прессуар и Бертхауд (2004) обнаружили, что высокая степень изменчивости в период цветения и в интервале вымётывания пестичных столбиков в период цветения между популяциями предполагает возможность значительного отличия характера популяционной структуры в отношении этих агроморфологических признаков от тех, которые описаны при помощи молекулярных маркеров.

Несмотря на изменения, которые происходят внутри сорта с течением времени, название сорта в одном домохозяйстве или селе может оставаться таким же, что и в прошлом или должностное лицо, ответственное за данный сорт может, на основе информации в настоящем времени (в сравнении с тем, что было в прошлом), которая полностью отличается от той, которая имелась в прошлом (как видно из Главы 4 на примере бананов), полностью изменить название. Однако очень важно, чтобы названные популяции, независимо от генетических различий, управлялись отдельно, а это, в свою очередь повлияет на генетическую структуру популяций на ферме или даже позволит контролировать ее (Brown и Brubaker, 2002).

В способе разграничения разновидностей могут быть отличия в зависимости от биологических характеристик культуры. Хэмрик и Годт (1997) обобщили воздействие системы на изменчивость внутри культур и между ними, определив, что при инбридинге проявляется вдвое больше популяционной дифференциации, чем при ауткроссинге (аутбридинге). Таким образом, различия между сортами могут меньше проявляться среди перекрестно опыляемых культур, чем в самоопыляющихся культурах. С другой стороны, сорта, названные фермерами, могут рассматриваться в более мелком масштабе в случае с инбридингом, чем в случае с аутбридингом. Что касается люцерны, которую разводят при помощи инбридинга, общее название *местный* может применяться к материалу, выращиваемому во всем селе, тогда как в случае с сорго, культуры, частично размножаемой ауткроссингом, могут выращиваться местные сорта с несколькими названиями на одном земельном участке. Как только местным сортам, выведенным при помощи аутбридинга, например, маису, будут присвоены собственные названия, ими будут управлять как отдельными единицами, они будут различаться по унаследованным морфологическим признакам, таким как, цвет семян и разное время цветения, они смогут аккумулировать значительную генетическую дивергенцию с течением времени.

Есть ли возможность категоризации названных сортов в функциональные группы? Возможна ли метаклассификация названий при помощи анализа представлений фермеров о функциональных группах? Ксу и др. (2001) обнаружили, что хотя различные этнические группы на юго-востоке Китая

Таблица 3.6. Процент прироста от каждого сорта, классифицированный на классы, согласно дискриминантным функциям на основе апостериорной вероятности членства.

Исходные классы (Сорта, названные фермером и основывающиеся на факторном дискриминационном анализе (ФДА))		Классы (Кластеры)*									
Название	Код	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lakbir lahmar	D	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R'baï labiade	E	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Foul beldi lou l'khal	H	0	0	86	0	0	0	14	0	0	0
T'lati laghlide beldi	I	0	0	0	71	0	0	29	0	0	0
Beldi moutouassate labiade	J	0	0	0	14	86	0	0	0	0	0
Foul lahmar moutouassate	M	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Foul moutouassate loul'khal	N	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Filt labiade	U	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
Foul r'guigue lahmar	T	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
Foul bouzid s'ghir	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Источник: Sadiki и др., неопубликованные данные.
 *94% прироста были правильно классифицированы в их исходные сорта, с помощью анализа на основе ФДА.

используют разные названия культур в соответствии с местными языками, большинство морфологических типов четко различаются в разных этнических группах. Гаучан и др. (2003; см. также главу 16) категоризовали названия сортов в группы с высоким уровнем разнообразия, с особыми адаптивными и редкими свойствами, учитывая то, что разные типы домохозяйств с большей вероятностью сохраняют сорта в одной категории, чем в другой.

Картина пространственного разнообразия и названия сортов

Распределение названий сортов внутри и между сообществами и регионами позволяет судить о богатстве и однородности картины генетического разнообразия в условиях фермы. Методы характеристики количества и распределения сортов культур были разработаны в Непале на основе средней площади и числа домохозяйств, выращивающих каждый культивар (Sthapit и др., 2000). Местные сорта были классифицированы по группам сортов, которые занимают большие или малые площади (на основе средней площади) и сортов которые выращиваются большим или малым количеством домохозяйств (на основе количества домохозяйств). Во многих целях был использован метод четырехклеточного анализа. Рэна и коллеги (см. Rana, 2004) рассчитали среднюю площадь на одно домохозяйство для каждого сорта, выращиваемого в данной деревне, чтобы определить следует ли считать, что сорт выращивается на большой или малой площади на уровне домохозяйства. Применение этого метода привело к проблеме, потому что домохозяйства с большей территорией пахотной земли имели возможность засеять большую площадь одним сортом, тогда как домохозяйства с меньшей территорией могли засеять небольшую площадь (одним или более сортами). Для решения данной проблемы, информация была заново рассмотрена при помощи процентного отношения земли в одном селе, где выращивается один из сортов с процентным соотношением фермеров в селе, выращивающих данный сорт. Результаты показаны на рисунке 3.4.

Сорта в верхнем правом углу рисунка 3.4с выращиваются многими фермерами и составляют значительную часть процентного содержания территории в деревне, которая выделена для возделывания риса. Есть значительное число сортов, которые выращиваются малым числом фермеров, которые в целом составляют небольшой процент территории, предназначенной для выращивания риса. Из графика видно, что для большинства выращиваемых сортов, возделываемая площадь увеличивается по мере увеличения количества фермеров, которые выращивают определенные сорта; территория, которая

предназначена для этих сортов, также увеличивается. Следует отметить сорта, которые выпадают из общей тенденции, то есть, две точки в нижнем правом углу на рисунке 3.4с, которые выращиваются многими фермерами на таких небольших территориях, что общий процент выделенных для их выращивания территорий не возрастает в таком же темпе, как в случае с другими сортами. Эти два сорта—*rato anadi* и *seto anadi*—это клейкие сорта риса, чаще всего выращиваемые на орошаемых территориях или *dhab* (постоянно затопленные территории). Они представляют ценность для местной кухни во время праздников. Фермеры стремятся выращивать эти два сорта, которые имеют особую религиозную или культурную ценность, на небольших территориях для нужд своих домохозяйств.

Хьюидр.(2003)указываютнавторойнедостатокметодовчетырёхклеточного анализа, которые были описаны после применения этих методов для таро во Вьетнаме. Средняя площадь под таро разнилась сильно в зависимости от агроэкологических условий и колебаний цен на рынке. На тестовых участках, она варьировалась от 28 до 3600 м², тогда как среднее количество фермеров, выращивающих каждый культивар таро варьировался от 1 до 25; таким образом обозначения «большая и малая площадь» и «много и мало фермеров» были относительными и варьировались от деревни к деревне. Кроме того, анализ структуры распределения разнообразия показал, что деревни с большой территорией под таро не обязательно имеют большое разнообразие таро. Обычно, выращивались два или три культивара местного таро на больших площадях многими домохозяйствами; таким образом, они могут быть определены как общераспространенные культивары на данной местности. Эти часто встречающиеся и распространенные культивары пользуются высоким спросом на рынке, благодаря качественным характеристикам. Однако, многие культивары (4-9) все же управлялись малым количеством домохозяйств на небольших участках.

В таблице 3.7 показано количество разнообразия таро в числовом выражении названных сортов. На экоучастках в средней полосе, горах и южных прибрежных территориях было выявлено большое число сортов таро. Индексы разнообразия генотипов для разнообразия таро были рассчитаны при помощи индекса Симпсона для сравнения однородности таро (т.е., доля фермеров, выращивающих каждый культивар таро на уровне села). В таблице 3.7 также показано сравнение между участками на предмет индексов разнообразия для таро. Высший индекс разнообразия был обнаружен на участке Сапа (Sa pa), за которым следовали Дабак (Dab ac), Фу ванг (Phu vang), и Нхо куан (Nho quan). Наименьшее разнообразие было обнаружено на участке Траку (Tra cu).

В Марокко, была дана оценка ценности местных сортов как процентного

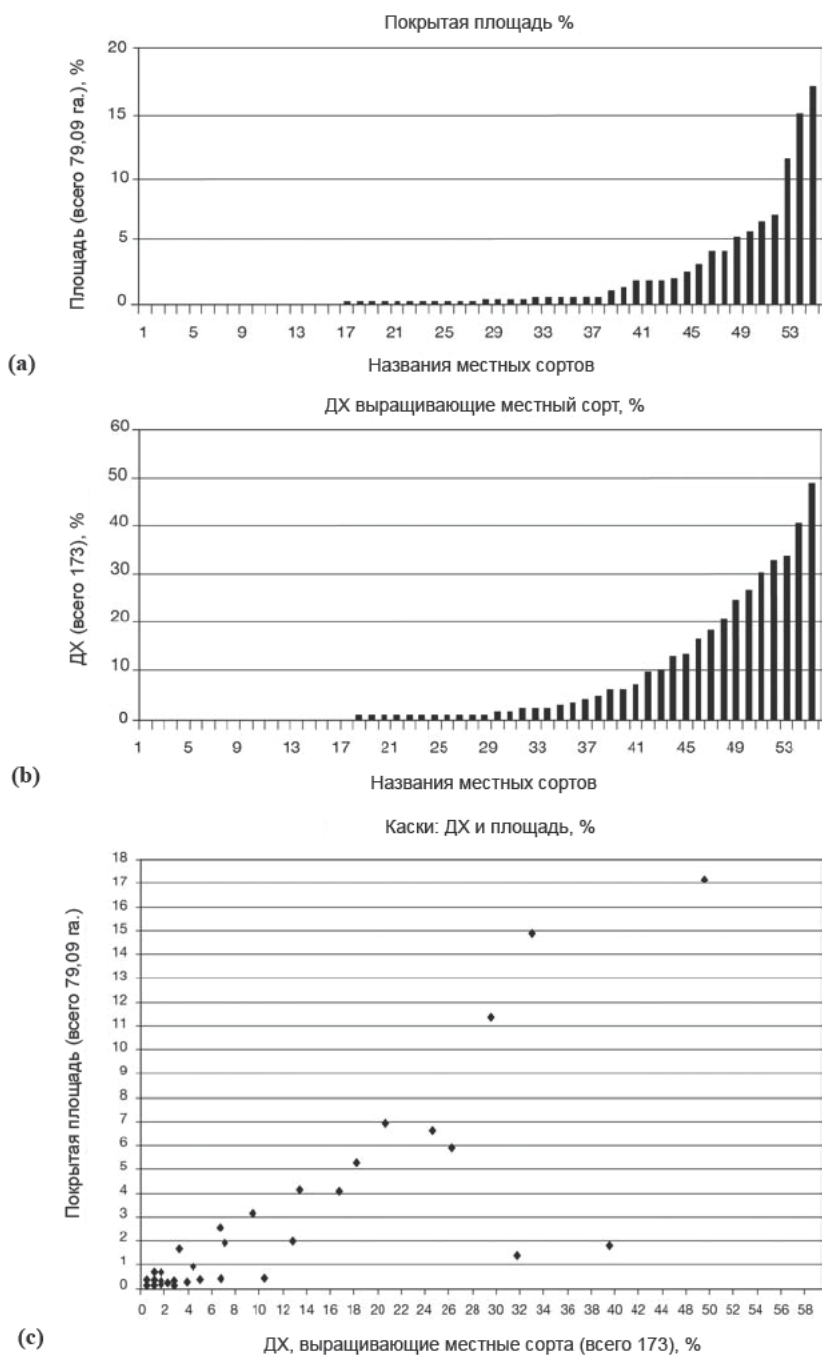


РИСУНОК 3.4. (а) Повторный анализ данных на основе (b) процентного соотношения площади, выделенной под данную культуру (всего 79,09 га) и (с) процентного соотношения фермеров (ДХ=домохозяйство; всего 173), выращивающих данный сорт в Каски, экоучасток на склоне холма (первичные данные из Stapit и др. 2000).

соотношения площади, где возделывается сорт к каждому местному сорту на ферме и данной географической территории. Распределение местных сортов в пространстве было оценено при помощи доли фермеров, использующих каждый сорт. Было выявлено, что количество выращиваемых сортов конских бобов в тот же сезон каждым фермером не сопоставлялось с размером фермы (Sadiki и др., 2005).

Грум и др. (2003) утверждают, что вместо расчета фактической площади, исследователи вместе с фермерами и местными специалистами по мелиорации могут воспользоваться методом четырехклеточного анализа, чтобы дать фермерам возможность высказать свое мнение о том, где необходимо расположить сорт в четырех клетках, а также о том, считают ли они его редким или часто встречающимся, широко распространенным или местным. Грум и его коллеги применили этот метод в странах Африки, расположенных к югу от Сахары, чтобы выслушать мнения фермеров о рисе, ямсе, сорго, просе и горохе коровьем. Данный метод повысил осведомленность фермеров и работников службы пропаганды сельскохозяйственных знаний о степени распределение местных сортов культур. Теперь этим методом пользуются в университетах Бенина и Зимбабве в качестве инструмента для оценки разнообразия на ферме (М. Grum, личный комментарий, 2003).

Метод также используется для того, чтобы понять аргументацию фермеров для распределения участков земли под каждый культивар, для определения распространенных и редких культиваров, и для мониторинга разнообразия местных культур, чтобы определить меры по их охране в Непале, Мозамбике, Шри Ланке и Малайзии (В. Sthapit, личный комментарий, 2003).

В Уганде, Мулумба и др. (2004) использовали метод четырехклеточного анализа, чтобы понять передовую практику сохранения редких местных сортов бананов в Уганде и полусасушливом районе Лвенго (Lwengo). При

Таблица 3.7. Количественные данные о разнообразии таро в разных экологических регионах, 2003 г.

Экологический участок	Число сортов	Диапазон посевной площади / культивар (м ²)	Среднее количество сортов / домохозяйство	Индекс разнообразия (H')
Са па (Sa pa)	12	28–907	2–4	0,847
Да бак (Dab ac)	10	25–360	2–3	0,800
Нхо куан (Nho quan)	9	40–1.810	1–3	0,680
Фу ванг (Phu vang)	9	50–241	2–4	0,730
Нгхиа хунг (Nghia hung)	4	36–216	1–2	0,378
Тра ку (Tra cu)	3	50–310	1–2	0,340

Источник: Ние и др. (2003)

помощи этого метода, исследователи зарегистрировали 66 сортов бананов в округе. Для 19 сортов, которые фермеры считают редкими, был определен 21 агротехнический прием. Анализ основных компонентов показал, что 9 из 21 агротехнических приемов были крайне важны для жизнеобеспечения редких местных сортов.

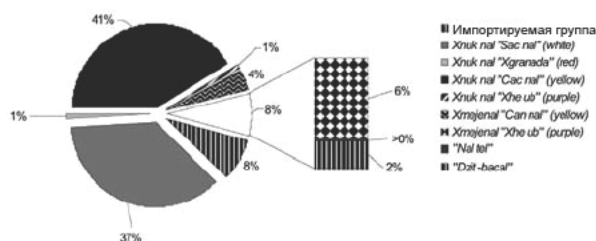
Карамура и др. (2004) использовали тот же анализ, чтобы понять управленческие стратегии фермеров для определения тех из стратегий, которые вносят вклад в борьбу с вредителями, не снижая разнообразия. Их результаты указывают на то, что сообщества на изучаемых участках продолжают обращаться за новыми генотипами бананов и селекционировать их, чтобы получить среднее количество 13 генотипов на одну ферму. 45% из обнаруженного разнообразия поддерживается в небольших количествах на маленьких площадях по разным причинам. Хотя фермеры определили более 20 агротехнических приемов с участием сообщества в качестве основных для поддержания возможного максимума разнообразия культиваров, успешное управление зарослями бананов основывается на тщательном выполнении ряда специально подобранных, комплексных мероприятий с участием сообщества в отношении бананов (в том числе, изолированные насаждения, рыхление почвы, постоянное переселение растений, пересадка и удобрение).

Территориальное размещение сортов на разных производственных площадях и в разных целях землепользования связывает экологические знания об окружающей среде с приемами культивирования. Во вставке 3.1 описывается пример, в котором размещение сортов связано с гендерно-дифференцированными производственными площадями в Мексике. Фермеры часто не могут принимать на себя риск оптимизации размещения сортов на определенных производственных площадях. Может случиться так, что сорта, которые передавались через поколения, как специфичные для определенных ниш рынка, фактически могут адаптироваться в широком масштабе или даже усовершенствоваться на других производственных площадях за пределами исходной окружающей среды, потому что характер адаптации сложный. Их оценка при помощи отдельных признаков может быть неполной, как это было выяснено в Непале (вставка 3.2).

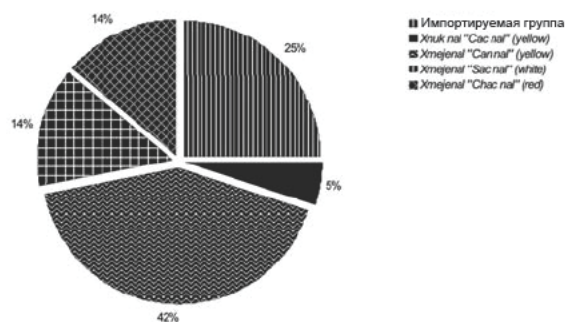
Использование четырехклеточного анализа помогает выявить степень различий между отдельными местными сортами, которые не улавливаются только при помощи оценки наличия или отсутствия местных сортов, выращиваемых на фермах. Данную работу объединяет с другими опубликованными исследованиями факт наличия малого количества в высокой степени изобильных местных сортов, которые выращиваются по всему региону и значительно большее число менее часто встречающихся

Вставка 3.1 Распределение разнообразия и производственные площади культур в Юкатане, Мексика

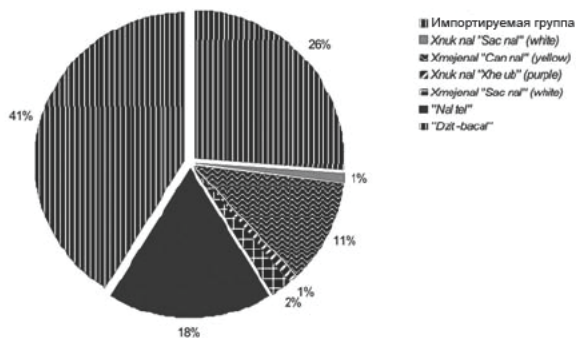
В Юкатане в Мексике, непрерывное возделывание разнообразия культур существенно опирается на взаимодействие между основными производственными площадями в пределах традиционных сельскохозяйственных систем: огороды, сельскохозяйственные поля (*милпа* - кукурузная плантация, «временное поле» - небольшой участок леса, расчищенный для земледелия, используемый только несколько лет), земельные участки в деревнях.¹ Гендерные отношения



Площадь для выращивания маиса составляет примерно 364000 м² на сельскохозяйственных полях



Площадь для выращивания маиса составляет примерно 10000 м² на общинных участках



(а)

Площадь для выращивания маиса составляет примерно 1136 м² на огородах

РИСУНОК ВСТАВКИ 3.1. (а) Количество и распределение сортов маиса в исследуемой популяции. (б) Количество и распределение сортов кабачка в исследуемой популяции (рис. адаптирован из Lore, 2004).

Вставка 3.1 Продолжение

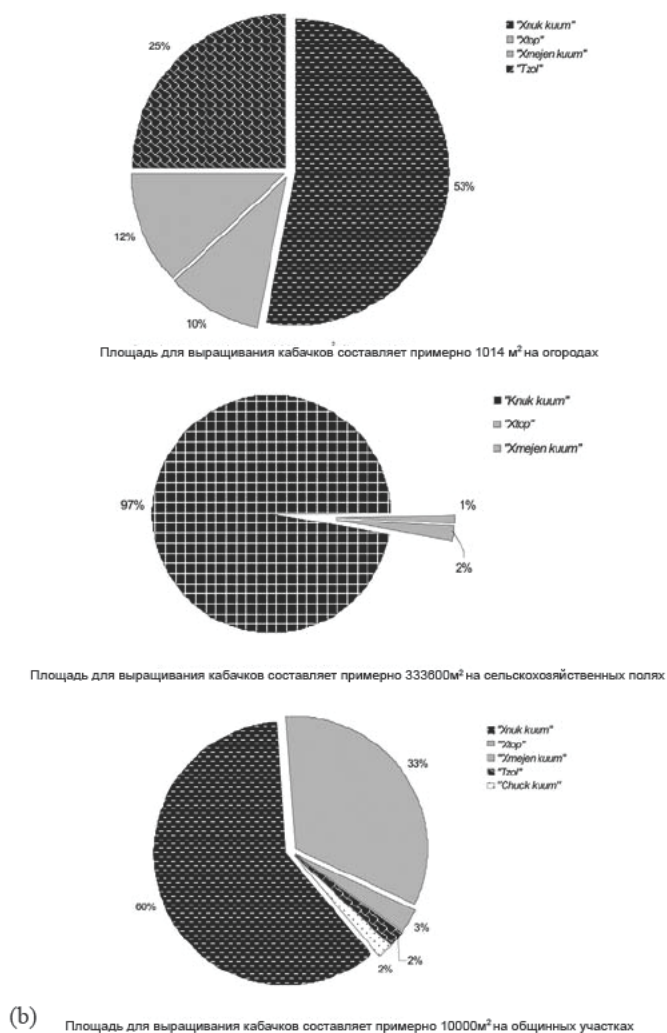


РИСУНОК ВСТАВКИ 3.1. Продолжение

проявляются через производственные площади, которые связаны с одним полом больше, чем с другим, которые в свою очередь связаны с разделением труда по половому признаку и специфичные для каждого из представителей полов знаний, следовательно, вероятнее всего отражающие разные структуры посевных площадей и содержащие разные сорта. Мужчины исключительно ответственны за возделывание культур на *милъпах*, куда женщинам не разрешается идти без сопровождения мужчин, а женщины участвуют в полевых работах только, когда есть необходимость в дополнительной рабочей силе, например при сборе

Вставка 3.1 Продолжение

урожаем. С другой стороны, женщины работают больше всего и принимают большую часть решений в отношении огородов и могут работать там в одиночку. Огороды считаются сферой деятельности женщин, а сельскохозяйственные поля – сферой влияния мужчин, гендерно-определенные правила поведения проявлялись наиболее заметно на двух традиционных производственных площадях. В случае земельных участков в деревне, такие границы более прозрачны, так как и мужчины и женщины в открытой форме решают какой сорт выращивать на данной площади и в каком количестве. Женщины могут одни пойти и работать на деревенских земельных участках; мужчины тоже работают на деревенских земельных участках (особенно на тех, которые расположены на окраине сообществ), представители обоих полов принимают решения о том, что и как сажать. На рисунке вставки 3.1 обобщаются данные о сортах и количестве, выращиваемых на производственной площади.

Результаты указывают на то, что трудно охарактеризовать маис или кабачки как специфично женские или мужские культуры, иными словами, закрепленные исключительно за одним из представителей пола. Вместо этого, на исследуемой территории было обнаружено, что традиционные производственные площади, сельскохозяйственные поля (территория мужчин) и огороды (территория женщин) взаимозависимы с точки зрения выбора и сохранения сортов, и, что такая взаимозависимость является результатом одинаковых и разных причин, по которым мужчины и женщины возделывают определенный сорт на данной производственной площади, в сочетании с влиянием мужчин и женщин, оказываемым друг на друга при выборе сорта в соответствии с производственной площадью, которое выражается физически и в виде открытых или неявных переговоров.

1. На сельскохозяйственных полях индейцев Майя, или *мильпах*, возделывались промежуточные культуры, такие как маис, фасоль и кабачки при помощи переложного земледелия, без механизации и все производство велось на богарных землях. Площади для других плодовых культур тоже можно увидеть на *мильпах*, но обычно отдельно от маиса и связанных с ним культур. Размеры поля могут варьироваться от нескольких *мекатес* (20 × 20 м, единица измерения, которой пользуются местные фермеры для замера *мильпа*) до 4–5 га. В огородах содержится большее количество межвидового разнообразия, где виды используются преимущественно для приготовления пищи, лекарственных средств, фуража, топлива, и в качестве декоративных растений. Кроме двух традиционных площадей, деревенские земельные участки (*террено*) состоят из старых огородов или участков для сезонного проживания (*ранчо*), которые более не заселены и являются общественной землей, которая была распределена между фермерами для использования в будущем в соответствии с ландшафтным планированием и уровнем роста населения. Среди семей, изученных в данном исследовании, эти земельные участки размером с 40 × 60 м², используются таким образом, что временами отражают модели, выявленные на сельскохозяйственных полях, а временами – используемые на огородах.

Источник: Lope (2004).

Вставка 3.2 Сравнение сортов риса на предмет выхода зерна в экспериментах по реципрокной трансплантации, Каски, Непал (1150 м)

Фермеры редко способны принять на себя риск оценки, где оптимизировано их размещение сортов на определенных производственных площадях. В Непале, исследовалась относительная функциональность сортов риса при разных водных режимах для определения различий в относительной функциональности местных сортов, когда они проверяются при разных водных режимах и режимах плодородия и существования необходимости специфической адаптации сорта в разных экосистемах для выращивания риса (таблица вставки 3.2). Реципрокная посадка была проведена в трех разных водных режимах в рисовых экосистемах: *ghaiya* (горная рисовая экосистема), *tari* (богарная рисовая экосистема) и *sinchit* (орошаемая рисовая экосистема).

Результаты показали, что разнообразие в результате взаимодействия экосистем было значительным, и, что адаптация была характерна для определенных сортов (рис. вставки 3.2). Сорта из среды обитания *tari* и *ghaiya* дают самый высокий урожай в родных экосистемах, тогда как среди сортов из рисовых систем *sinchit*, только *rato anadi* и *khumal 4* давали высокий урожай в родных экосистемах. Сорта *kalo jhinuwa* и *ekle* давали значительно более высокие урожай за пределами родных экосистем в рисовой экосистеме *tari* (в богарных условиях).

Классификация участков на основе урожайности отдельных сортов показала, что культивары *man-sara*, *kathe gurdi*, *kalo jhinuwa*, и *ekle* имели лучшие показатели урожайности в условиях *tari*, ниже по урожайности условия *sinchit*, затем *ghaiya*. *Rato aanadi* одинаково показал себя в условиях *ghaiya* и *tari*, но ниже, чем в *sinchit*, а урожайность *rato ghayia* была выше в *sinchit*, чем в *tari*, но значительно ниже, чем в родной экосистеме (*ghaiya*). Контрольный вариант *khumal 4* имел более высокую урожайность в орошаемых условиях (*sinchit*), а немного меньшую урожайность в *ghayia*.

Источник: D. Rijal, неопубликованные данные.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 3.2. Культивары риса и водные режимы

Водные режимы (Разные агроэкосистемы)	Испытательные сорта, для которых естественны разные водные режимы	Отличительные черты и ценность
<i>Ghaiya</i> (гористая местность)	<i>Rato ghaiya</i>	Хорошие показатели соломы, требует питательных элементов
<i>Tari</i> (богарные земли)	<i>Mansara</i>	Выращивается на пограничных зонах, в условиях низкой плодородность, низкие вкусовые качества
	<i>Kathe gurdi</i>	Скороспелый
<i>Sinchit</i> (орошаемая земля)	<i>Kalo jhinuwa</i>	Пряный и тонкозерный
	<i>Ekle</i>	рис, Популярный,
	<i>Rato aanadi</i>	высокоурожайный, Липкий
	<i>Khumal 4</i> (контрольный вариант)	рис
		Улучшенный сорт

Источник: D. Rijal, неопубликованные данные, 2004

Вставка 3.2 Продолжение

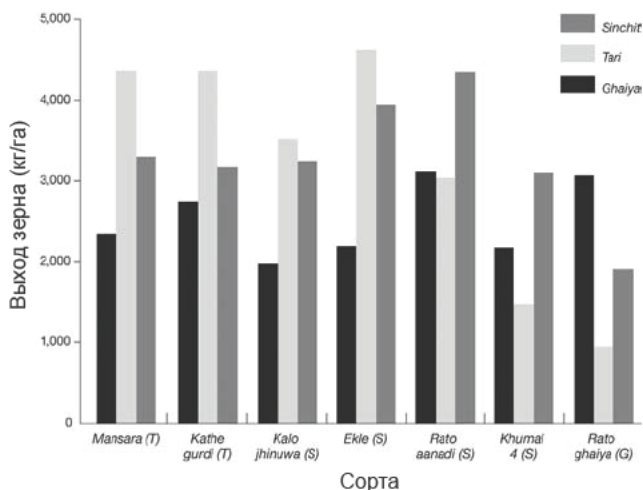


РИСУНОК ВСТАВКИ 3.2 Сравнение культиваров риса по выходу зерна в реципрокном трансплантационном эксперименте, Каски, Непал (1,150 м) (Rijal, неопубликованные данные).

сортов, наряду с большим числом редких сортов, которые выращиваются в одном или двух домохозяйствах (Boster, 1985; Zimmerer и Douches, 1991; Pham и др., 1999; Tesfaye и Ludders, 2003).

Метод четырехклеточного анализа предполагает подход, подобный тому, который был предложен Маршаллом и Брауном (1975) и Брауном (1978) для выборки аллелей во время коллекции гермоплазмы. Маршалл и Браун утверждают, что аллели, которым следует отдавать приоритет во время выборки, должны быть ограниченного или локального распространения, но с высокой частотой, и данный метод выборки был широко использован для коллекций генетических ресурсов растений. Но как данный метод применим на уровне местных сортов? Если многие фермеры выращивают местные сорта на обширных площадях, их можно считать широко распространенными. Это бы привело нас к тому, что мы бы уделяли основное внимание отбору местных сортов, выращиваемых фермерами на небольших территориях с первоочередной целью их сохранения. Однако, следует отметить, что из-за того, что определенный местный сорт выращивается многими фермерами на небольших территориях, угроза его утери не очень велика.

Местный сорт, который выращивается небольшим числом фермеров на

ограниченной территории можно считать локализовано распространенным в высокой степени (мало фермеров и малые площади территорий). Затем, этот сорт может считаться уникальным и может находиться под значительной угрозой; таким образом, он становится важным для *ex-situ* сохранения, потому что сохранение в условиях фермы такого уникального материала может не являться экономически эффективным. Это также входной пункт для увязки сохранения в условиях фермы и сохранением *ex-situ*. Если будет рассматриваться вариант сохранения этого материала в условиях фермы, тогда необходимо больше информации о выживании материала в течение многих лет.

Если сорт выращивается малым числом фермеров на больших площадях, ему следует уделить внимание с точки зрения сохранения в условиях фермы, так как такой местный сорт может иметь адаптивные комплексы генов и потенциал для специфичной адаптации. Кроме того, гарантируются шансы его выживания на ферме, и сохранение становится экономически более эффективным, наряду с появлением возможностей для его продолжительной эволюции. В заключении, местные сорта, выращиваемые большим числом фермеров на больших площадях, вероятнее всего, возникли сравнительно недавно, и им не грозит угроза исчезновения. Они могут быть кандидатами для сохранения в условиях фермы в ближайшем будущем, после обеспечения сохранения более важных сортов.

Репрезентативность местных сортов для регионального разнообразия

В данной главе, представлены некоторые факты, чтобы показать, что богатство сортов фермеров или количество сортов фермеров не обязательно должно увеличиваться в том же темпе, что и количество разнообразия (аллельное богатство). Возможно, суть в том, что генетическое разнообразие, содержащееся в малом количестве сортов в некоторых селах схоже с количеством генетического разнообразия, содержащегося в селах с множеством сортов, или в том, что в некоторых селах содержится большинство характерных черт, проявляющихся на более крупных территориях.

Насколько репрезентативен один участок для разнообразия в регионе? Чтобы определить насколько хорошо было представлено разнообразие маиса на одном опытном участке—Яксаба (Yaxcaba), в провинции Юкатан (Yucatan), полуостров Юкатан—Чавез и коллеги (Chavez и др., 2000; Camacho-Villa и Chavez-Servia, 2004) сравнили агроморфологическое разнообразие 314 сортов маиса в трех провинциях полуострова Юкатан с 15-ю местными сортами из

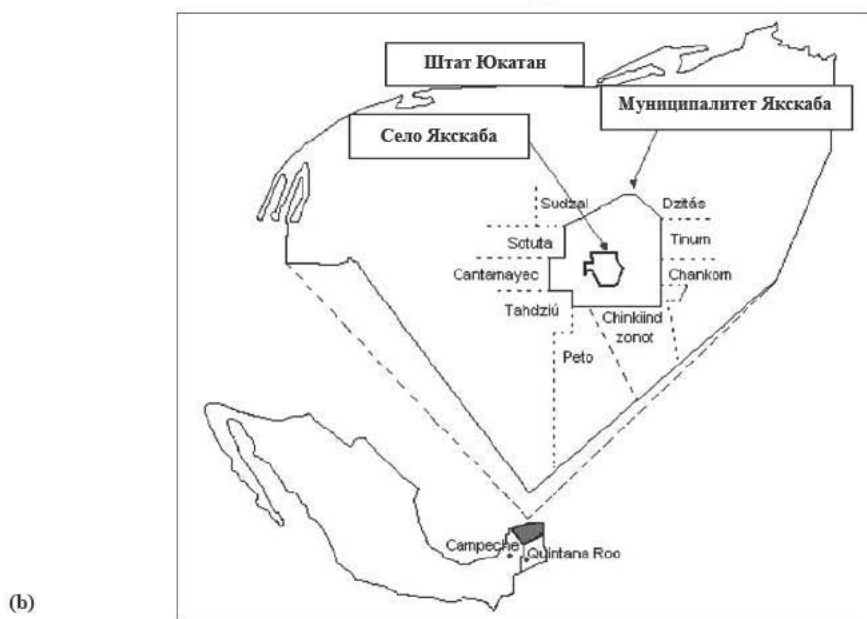
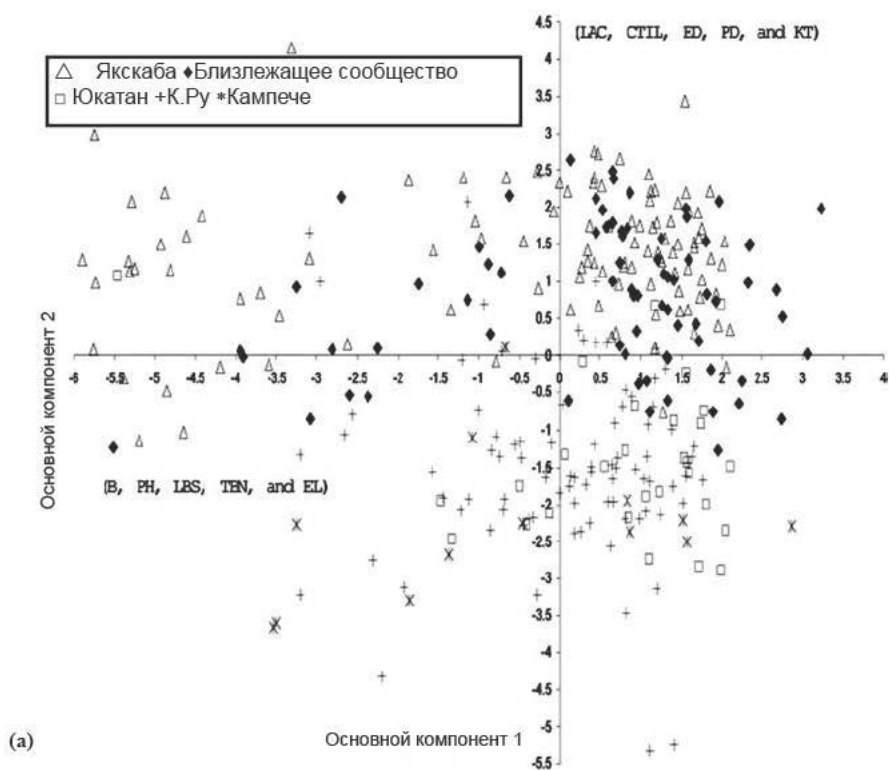


РИСУНОК 3.5

Якскабы. Пространственное распределение первых двух компонентов показало, что образцы маиса из Якскабы имеют высоко изменчивые характерные черты. Разнообразие, измеряемое агроморфологическими признаками в 15 местных сортах из Якскабы, включило почти всю агроморфологическую изменчивость, представленную на всем полуострове Юкатан (рис. 3.5).

Аналогично при определении характеристик 312 сортообразцов конских бобов, представляющих разные местные сорта, собранные на основных территориях возделывания конских бобов в Марокко, было выявлено, что большая часть разнообразия охватывалась материалом, который возник в двух северных провинциях (Belqadi, 2003). Очевидно, существует некоторая географическая связь с генетическим разнообразием, которая представляет интерес для дальнейших исследований с целью определения влияния методов работы фермеров в двух разных провинциях на данное генетическое разнообразие.

Заключение

Основной результат исследования связи между сортами, которым фермеры дали названия, и генетическими особенностями в разрезе стран и культур – это признание того факта, что определение фермерами характеристик единиц культур может варьироваться от незамысловатого применения общего

РИСУНОК 3.5. (а) Диаграмма разброса первых двух главных компонентов, отражающих дисперсию 314 популяций маиса на полуострове Юкатан. В 1999 г. популяции маиса были собраны в трех штатах полуострова Юкатан: штат Юкатан (Yucatan), штат Квинтана Ру (Quintana Roo) и штат Кампече (Campeche). Из 314 популяций 182 были собраны в деревне Якскаба и близлежащих сообществах, которые расположены в географическом и в культурном отношении в центре полуострова Юкатан. Популяции были охарактеризованы 34 морфологическими и фенологическими признаками. Ось 1 (главный компонент 1) была определена в основном по цветению (b), высоте растения (ph), диаметру разветвления (lbs), общему количеству колосков в метелке (tbn), длине початка (el). Ось 2 (главный компонент 2), согласно характеристическому вектору определялся листовой оберткой початка (lac), длиной междоузлия центральной оси соцветия (ctil), диаметром початка (ed), диаметром сердцевинки (pd), структурой зерновки (kt). Основные морфологические характеристики, которые описывают разницу между популяциями маиса на полуострове Юкатан, связаны с репродуктивными особенностями, например метелка (длина, колоски, междоузлия), початок (форма, длина, диаметр, сердцевина), и зерновки (плотность, структура). Как показано на графике, популяции маиса из Якскабы и близлежащих сообществ охватывают почти весь диапазон морфологического разнообразия на оси второго главного компонента, которые определяются листовой оберткой початка (lac), длиной междоузлия центральной оси соцветия (ctil), диаметром початка (ed), диаметром сердцевинки (pd) и текстурой зерновки (kt). Период цветения (b), высота растения (ph), диаметр разветвления (lbs), общее количество колосков в метелке (tbn), длина початка (el) в первом главном компоненте устанавливает разницу между местными сортами в штатах Квинтана Ру и Кампече и местными сортами штата Юкатан (Chavez-Servia и др., 2000; Chavez-Servia, Camacho и Burgos-May, неопубликованные данные). Близ. сообщ. = близлежащие населенные пункты; К. Ру = Квинтана Ру; Якскаба = целевой населенный пункт. (b) Карта мест происхождения изучаемых образцов маиса. Полуостров Юкатан состоит из штатов Юкатан, Кампече и Квинтана Ру.

названия культуры, например *фасоль*, наименования всех сортов культуры, даже если разные популяции управляются разными способами, до названий, специфичных для определенной местности, которые модифицированы с учетом набора признаков сорта. Признание того, что название может или не может представлять уровень разнообразия фермерского управления, помогло понять, как фермеры управляют разнообразием в условиях фермы. Если название явно отражает уровень разнообразия местного сорта, управляемого фермером, тогда это название может использоваться в качестве единицы сохранения. Когда название не соответствует единице, управляемой фермером, следует добавить другие параметры для точного определения единицы сохранения. Если явно обособленные местные сорта все называются «местными», к ним приписывается название села или домохозяйства для обозначения данных материалов.

Возможно, что некоторые из редких названных сортов в данном селе или регионе являются селекциями из числа распространенных сортов и, что распространенные сорта содержат все разнообразие, обнаруженное в редких сортах. Анализ этой проблемы повлек бы за собой исследование ряда редких сортов и их сравнение с общими распространенными сортами. Эти вопросы необходимы для понимания связи между единицами, распознаваемые фермерами – сорта, которым они сами дали названия – и количество генетического разнообразия в системе, которой управляет фермер. Неизвестно имеют ли общие распространенные сорта во всем селе или регионе тенденцию к большей изменчивости, чем менее распространенные сорта. Возможно, различия связаны с различием в параметрах (и возможно, распределению разнообразия) и все сорта имеют примерно одинаковое аллельное богатство. Если местные общие распространенные сорта, сохраняемые фермерами, имеют самое большое количество местных общераспространенных аллелей или если редкие сорта, которые сохраняются фермерами, на самом деле являются селекциями из числа более распространенных сортов, то можно поставить вопрос о том, достаточно ли сохранять общие распространенные сорта в условиях фермы. Если местные распространенные сорта являются сортами, представляющими особую важность для фермеров за счет особых параметров, можно ожидать, что в них будет высокое соотношение местных распространенных аллелей адаптивного значения. Содействие сохранению данных местных распространенных сортов в условиях фермы, таким образом, особенно важно как для продолжительного использования фермерами и потенциальной пользы для всего человечества в будущем.

Выражение признательности

Данная работа – это результат глобального проекта при поддержке Международного Института Генетических Ресурсов Растений «Укрепление научной базы для *In Situ* сохранения сельскохозяйственного биоразнообразия в условиях фермы». Авторы хотели бы выразить благодарность правительству Швейцарии (Агентство Швейцарии по Развитию и Сотрудничеству), Нидерландов (Главное Управление по Международному Развитию), Германии (Федеральное министерство по экономическому сотрудничеству / Германское агентство по техническому сотрудничеству), Канады (Международный Научно-Исследовательский Центр по Развитию), Японии (Агентство Японии по Международному Сотрудничеству), Испании и Перу за финансовое содействие, Д-ру А.Х. Брауну за рецензию на рукопись и Д-ру. Жан Луи Фаму за его помощь в обобщении идей, касающихся названий сортов в качестве исходного пункта в вопросе о разнообразии в условиях фермы.

Литература

- Arias, L. 2004. *Diversidad genetica y conservación in situ de los maíces locales de Yucatan, México* [Genetic Diversity and In Situ Conservation of Local Maize in Yucatán, Mexico]. PhD thesis, Instituto Tecnológico de Merida, Yucatán, México.
- Arias, L., J. Chávez, B. Cob, L. Burgos, and J. Canul. 2000. Agro-morphological characters and farmer perceptions: Data collection and analysis. Mexico. In D. Jarvis, B. Sthapit, and L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 95–100. Rome: ipgri.
- Bajracharya, J. 2003. *Ge ne tic Diversity Study in Landraces of Rice (Oryza sativa L.) by Agro-morphological Characters and Microsatellite DNA Markers*. PhD thesis, University of Wales, Bangor, uk.
- Bajracharya, J., K. A. Steele, D. I. Jarvis, B. R. Sthapit, and J. R. Witcombe. 2006. Rice landrace diversity in Nepal. Variability of agro- morphological traits and ssr markers in landraces from a high altitude site. *Field Crop Research* 95:327–335.
- Bellon, M. R. and S. B. Brush. 1994. Keepers of the maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48:196–209.
- Bellon, M. R. and J. E. Taylor. 1993. “Folk” soil taxonomy and the partial adoption of new seed varieties. *Economic Development and Cultural Change* 41(4):763–786.
- Belqadi, L. 2003. *Diversité et ressources génétiques de Vicia faba L. au Maroc: Vari-abilité, conservation ex situ et in situ et valorisation*. Doctorat de thèse ès- sciences agronomiques, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Morocco.
- Benckechou, Z. 2004. *Analyse de la structure de la diversité génétique de la fève in situ en relation avec sa gestion à la ferme: Contribution au développement des bases scientifi ques pour la conservation in situ de la fève au Maroc*. Mé-moire de 3ème cycle du diplôme d’ingénieur d’état en agronomie, Option: Amélioration Génétique des Plantes. Rabat, Morocco: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Boster, J. S. 1985. Selection for perceptual distinctiveness: Evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*. *Economic Botany* 39(3):310–325.

- Bouzeggaren, A., A. Birouk, S. Kerfal, H. Hmama, and D. Jarvis. 2002. Conservation in situ de la biodiversité des populations noyaux de luzerne locale au Ma-roc. In A. Birouk, M. Sadiki, F. Nassif, S. Saidi, H. Mellas, A. Bammoune, and D. Jarvis, eds., *La conservation in situ de la biodiversité agricole: Un défi pour une agriculture durable*. Rome: ipgri.
- Brown, A. H. D. 1978. Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. *Theoretical and Applied Genetics* 52:145–157.
- Brown, A. H. D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. In S. B. Brush, ed., *Genes in the Field*, 29–48. Ottawa, Canada: idrc/ipgri/Lewis Publishers.
- Brown, A. H. D. and C. Brubaker. 2002. Indicators for sustainable management of plant genetic resources: How well are we doing? In J. M. M. Engles, V. R. Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson, eds., *Managing Plant Genetic Diversity*, 249–262. Rome: ipgri and Wallingford, UK: cabi.
- Brush, S., R. Kesselli, R. Ortega, P. Cisneros, K. Zimmerer, and C. Quiros. 1995. Potato diversity in the Andean Center of Crop Domestication. *Conservation Biology* 9(5):1189–1198.
- Burgos- May, L. A., J. L. Chavez- Servia, and J. Ortiz- Cereceres. 2004. Variabilidad morfológica de maíces criollos de la península de Yucatán, México. In J. L. Chavez- Servia, J. Tuxill, and D. I. Jarvis, eds., *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*, 58–66. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Busso, C. S., K. M. Devos, G. Ross, M. Mortimore, W. M. Adams, M. J. Ambrose, S. Alldrick, and M. D. Gale. 2000. Genetic diversity within and among landraces of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under farmer management in West Africa. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60:1–8.
- Camacho- Villa, C. and J. L. Chavez- Servia. 2004. Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán, México. In J. L. Chavez- Servia, J. Tuxill, and D. I. Jarvis, eds., *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*, 47–57. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Canh, N. T., T. V. On, N. V. Trung, C. A. Tiep, and H. V. Lam. 2003. Preliminary study of genetic diversity in rice landraces in Ban Khoang Commune, Sa Pa District. In H. D. Tuan, N. N. Hue, B. R. Sthapit and D. I. Jarvis, eds., *On- Farm Management of Agricultural Biodiversity in Vietnam*. Proceedings of a symposium, December 6–12, 2001, Hanoi, Vietnam. Rome: ipgri.
- Cazarez- Sanchez, E. 2004. *Diversidad genética y su relación con la tecnología de alimentos tradicionales*. MS thesis, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, Mexico.
- Cazarez- Sanchez, E. and J. Duch- Gary. 2004. La diversidad genética de variedades locales de maíz, frijol, calabaza y chile, y su relación con características culinarias. In J. L. Chavez- Servia, J. Tuxill, and D. I. Jarvis, eds., *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*, 250–255. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Chavez- Servia, J. L., L. Burgos- May, J. Canul- Ku, T. C. Camacho, J. Vidal- Cob, and L. M. Arias- Reyes. 2000. Analisis de la diversidad en un proyecto de conservación in situ en México [Diversity analysis of an in situ conservation project in Mexico]. In *Proceedings of the XII Scientific Seminar*, November 14–17, 2000, Havana, Cuba.
- Gauchan, D., M. Smale, and P. Chaudhary. 2003. *(Market-Based) Incentives for Conserving Diversity on Farms: The Case of Rice Landraces in Central Terai, Nepal*. Paper presented at the fourth Biocon Workshop, August 28–29, 2003, Venice, Italy.
- Grum, M., E. A. Gyasi, C. Osei, and G. Kranjac- Berisavljevic. 2003. *Evaluation of Best Practices for Landrace Conservation: Farmer Evaluation*. Paper presented at Sub- Saharan Africa Meeting, Nairobi, 2003.
- Hai, V. M., H. Q. Tin, and N. N. De. 2003. Agromorphological variation of Mon Sap taro populations in the Mekong Delta, Vietnam: Role of on- farm conservation. In H. D. Tuan, N. N. Hue, B. R. Sthapit, and D. I. Jarvis, eds., *On- Farm Management of Agricultural Biodiversity in Vietnam*. Proceedings of a symposium, December 6–12, 2001, Hanoi, Vietnam. Rome: ipgri.
- Hamrick, J. L. and M. J. W. Godt. 1997. Allozyme diversity in cultivated crops. *Crop Science* 37:26–30.
- Harlan, J. R. 1975. Our vanishing genetic resources. *Science* 188:618–621.

- Hue, N., L. Trinh, N. Ha, B. Sthapit, and D. Jarvis. 2003. Taro cultivar diversity in three ecosites of North Vietnam. In H. D. Tuan, N. N. Hue, B. R. Sthapit, and D. I. Jarvis, eds., *On-Farm Management of Agricultural Biodiversity in Vietnam*. Proceedings of a Symposium, December 6–12, 2001, Hanoi, Vietnam. Rome: ipgri.
- Jarvis, D., L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A. H. D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit, and T. Hodgkin. 2000. *A Training Guide for In Situ Conservation On-Farm*. Version 1. Rome: ipgri.
- Jarvis, D. I., V. Zoes, D. Nares, and T. Hodgkin. 2004. On-farm management of crop genetic diversity and the Convention on Biological Diversity's Programme of Work on Agricultural Biodiversity. *Plant Genetic Resources Newsletter* 138:5–17.
- Karamura, D. A. 1999. *Numerical Taxonomic Studies of the East African Highland Bananas (Musa AAA–East Africa) in Uganda*. Montpellier, France: inibap.
- Karamura, D. 2004. *Estimation of Distinct Clones in the Uganda National Banana Germplasm Collection*. Presentation at “Workshop on Data Variables and Structure to Answer Questions That Support the Conservation and Use of Crop Genetic Diversity On-Farm,” September 20–24, 2004, Rome.
- Karamura, D. and E. Karamura. 1994. *A Provisional Checklist of Banana Cultivars in Uganda*. Kampala, Uganda: National Agricultural Research Organization (naro) and inibap.
- Karamura, D., E. Karamura, J. Wasswa, B. Kayiwa, A. Kalanzi, and C. Nkwiine. 2004. *Analysis of Community Banana Based Management Practices: A Farmers' Perspective Towards Maintaining Diversity*. Presentation at “Workshop on Data Variables and Structure to Answer Questions That Support the Conservation and Use of Crop Genetic Diversity On-Farm,” September 20–24, 2004, Rome.
- Latournerie Moreno, L., J. Tuxill, E. Yupit Moo, L. Arias Reyes, J. Crisotbal Alejo, and D. I. Jarvis. 2006. Traditional maize storage methods of Mayan farmers in Yucatan, Mexico: Implication for seed selection and crop diversity. *Biodiversity and Conservation*, 15 (5): 1771–1795.
- Lope, D. 2004. *Gender Relations as a Basis for Varietal Selection in Production Spaces in Yucatan, Mexico*. M.S. thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Louette, D., A. Charrier, and J. Berthaud. 1997. In situ conservation of maize in Mexico: Genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20–38.
- Mar, I. and L. Holly. 2000. Hungary. Adding benefits. In D. Jarvis, B. Sthapit, and L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 194–198. Rome: ipgri.
- Mar, I., A. Simon, and A. Gyovai. 2004. *Data Variables on Percent Coverage, Number of Farmers, Measurements of Richness and Evenness in Maize and Beans in Hungary*. Presentation at “Workshop on Data Variables and Structure to Answer Questions That Support the Conservation and Use of Crop Genetic Diversity On-Farm,” September, 20–24, Rome.
- Marshall, D. R. and A. H. D. Brown. 1975. Optimal sampling strategies in genetic conservation. In O. H. Frankel and J. G. Hawkes, eds., *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*, 53–80. Cambridge: Cambridge University Press.
- Martin, G. B. and M. W. Adams. 1987. Landraces of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northern Malawi. I. Regional variation. *Economic Botany* 41:190–203.
- Morales-Valderrama, C. and T. Quiñones-Vega. 2000. Social, cultural and economic data collection and analysis including gender: Methods used for increasing access, participation and decision-making. In D. Jarvis, B. Sthapit, and L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 49–50. Rome: ipgri.
- Mulumba, W. J., C. Nkwiine, K. B. Male, A. Kalanzi, and D. Karamura. 2004. Evaluation of farmers' best practices for on-farm conservation of rare banana (*Musa*) landraces in the semi-arid region of Lwengo sub-county, Masaka district—Uganda. *Uganda Journal of Agriculture* 9(1):275–281.
- Pandey, Y. R., D. K. Rijal, M. P. Upadhyay, B. R. Sthapit, and B. K. Joshi. 2003. In situ characterization of morphological traits of sponge gourd at Begnas ecosite, Kaski, Nepal. In B. R. Sthapit, M. P. Upadhyaya, B. K. Baniya, A. Subedi, and B. K. Joshi, eds., *On-Farm Management of Agricultural Biodiversity in Nepal*, 63–70. Proceedings of a national workshop, April 24–26, 2001, Lumle, Nepal. Kathmandu, Nepal: narc/li-bird/ipgri.

- Pham, J. L., S. Quilloy, L. D. Huong, T. V. Tuyen, T. V. Minh, and S. Morin. 1999. *Molecular Diversity of Rice Varieties in Central Vietnam*. Paper presented at the workshop of the participants of the project "Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Genepool. Component II: On- Farm Conservation," May 17–22, 1999, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Pressoir, G. and J. Berthaud. 2004. Patterns of population structure in maize land-races from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92:88–94.
- Quiros, C. F., S. B. Brush, D. S. Douches, K. S. Zimmerer, and G. Huestis. 1990. Biochemical and folk assessment of variability of Andean cultivated potatoes. *Economic Botany* 44(2):254–266.
- Rana, R. B. 2004. *Influence of Socio- Economic and Cultural Factors on Agrobio-diversity Conservation On- Farm in Nepal*. PhD thesis, International and Rural Development Department, University of Reading.
- Rh'rib, K., A. Amri, and M. Sadiki. 2002. Caracterisation agro morphologique des populations locales d'orge des sutes Tanant et Taounate. In A. Birouk, M. Sadiki, F. Nassif, S. Saidi, H. Mellas, A. Bammoune, and D. Jarvis, eds., *La conservation in situ de la biodiversité agricole: Un défi pour une agriculture durable*, 286–294. Rome: ipgri.
- Rijal, D. K., B. R. Sthapit, R. B. Rana, and D. I. Jarvis. 2003. Adaptation and uses of taro diversity in agroecosystems of Nepal. In B. R. Sthapit, M. P. Upadhyaya, B. K. Baniya, A. Subedi, and B. K. Joshi, eds., *On-Farm Management of Agricultural Biodiversity in Nepal*, 29–36. Proceedings of a national workshop, April 24–26, 2001, Lumle, Nepal. Kathmandu, Nepal: narc/li- bird/ipgri.
- Sadiki, M., M. Arbaoui, L. Ghaouti, and D. Jarvis. 2005. Seed exchange and supply systems and on-farm maintenance of crop genetic diversity: A case study of faba bean in Morocco. In D. I. Jarvis, R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On- Farm*, 81– 86. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Sadiki, M., L. Belqadi, M. Mahdi, and D. Jarvis. 2001. Identifying units of diversity management by comparing traits used by farmers to name and distinguish faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars with measurements of genetic distinctiveness in Morocco. In *Proceedings of the LEGUMED Symposium "Grain Legumes in the Mediterranean Agriculture,"* October 25–27, 2001, Rabat, Morocco. Paris: aep.
- Sadiki, M., A. Birouk, A. Bouizzgaren, L. Belqadi, K. Rh'rib, M. Taghouti, S. Kerfal, M. Lahbhili, H. Bouhya, R. Douiden, S. Saidi, and D. Jarvis. 2002. La diversité génétique in situ du blé dur, de l'orge, de la luzerne et de la fève: Options de stratégie pour sa conservation. In A. Birouk, M. Sadiki, F. Nassif, S. Saidi, H. Mellas, A. Bammoune, and D. Jarvis, eds., *La conservation in situ de la biodiversité agricole: Un défi pour une agriculture durable*, 37–117. Rome: ipgri.
- Sawadogo, M., J. T. Ouedraogo, R. G. Zangre, and D. Balma. 2005. Diversité bi-ologique agricole et les facteurs de don maintien en milieu paysan. In D. Balma, B. Dossou, M. Sawadogo, R. G. Zangre, J. T. Ouedraogo, and D. I. Jarvis, eds., *La gestion de la diversité des plantes agricoles dans les agro-ecosystemes*. Compte- rendu des travaux d'un atelier abrite par cnrst, Burkina Faso et International Plant Genetic Resources Institute, Ouagadougou, Burkina Faso, December 27–28, 2001. Rome: ipgri.
- Schneider, J. 1999. Varietal diversity and farmers' knowledge: The case of sweet potato in Irian Jaya. In G. Prain, S. Fujusaka, and M. D. Warren, eds., *Biological and Cultural Diversity*, 97–114. London: it Publications.
- Sebastian, L. S., J. S. Garcia, L. R. Hipolito, S. M. Quilloy, P. L. Sanchez, M. C. Cal-ifo, and J. L. Pham. 2001. *Assessment of Diversity and Identity of Farmers' Rice Varieties Using Molecular Markers*. Paper presented at the workshop "In Situ Conservation of Agrobiodiversity: Scientific and Institutional Experiences and Implications for National Policies," International Potato Center (cip), August 14–17, 2001, La Molina, Peru.
- Soleri, D. and D. A. Cleveland. 2001. Farmers' genetic perceptions regarding their crop populations: An example with maize in the central valleys of Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* 55(1):106–128.
- Sthapit, B., K. Joshi, R. Rana, M. P. Upadhaya, P. Eyzaguirre, and D. Jarvis. 2000. Enhancing biodiversity and production through participatory plant breeding: Setting breeding goals. In *An Exchange of*

- Experiences from South and South East Asia*. Proceedings of the International Symposium on Participatory Plant Breeding and Participatory Plant Genetic Resources Enhancement, May 1–5, 2000, Pokhara, Nepal. Cali, Colombia: ciat.
- Taghouti, M. and S. Saidi. 2002. Perception et désignation des entités de blé dur gérées par les agriculteurs. In A. Birouk, M. Sadiki, F. Nassif, S. Saidi, H. Mellas, A. Bammoune, and D. Jarvis, eds., *La conservation in situ de la bio-diversité agricole: Un défi pour une agriculture durable*, 275–279. Rome: ipgri.
- Tanto, T. 2001. Unpublished data presented at “Strengthening the Scientific Basis of *In Situ* Conservation of Agricultural Biodiversity: Genetic Diversity and On-Farm Conservation Workshop,” June 11–19, 2001, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Tesfaye, B. and P. Ludders. 2003. Diversity and distribution patterns of enset land-races in Sidama, southern Ethiopia. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50:359–371.
- Teshome, A., B. R. Baum, L. Fahring, J. K. Torrance, T. J. Arnason, and J. D. Lambert. 1997. Sorghum (*Sorghum bicolor*) landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica* 97:225–263.
- Tuyen, T. V., N. V. Truong, and H. T. T. Hoa. 2003. *Farmers’ Management of Taro Diversity as a Part of Farming Systems in a Coastal Sandy Area of Phuda*. Paper presented at the national workshop “Strengthening the Scientific Basis of *In Situ* Conservation of Agricultural Biodiversity On-Farm,” December 6–8, 2002, Ban Me Thuot, Vietnam.
- Voss, J. 1992. Conserving and increasing on-farm genetic diversity: Farmer management of varietal bean mixtures in central Africa. In J. L. Moock and R. E. Rhoades, eds., *Diversity, Farmer Knowledge and Sustainability*, 34–51. Ithaca, ny: Cornell University Press.
- Xu, J. C., Y. P. Yang, Y. D. Pu, W. G. Ayad, and P. Eyzaguirre. 2001. Genetic diversity in taro (*Colocasia esculenta* Schott, Araceae) in China: An ethnobotanical and genetic approach. *Economic Botany* 55:14–31.
- Zimmerer, K. S. 2003. Just small potatoes (and ulluco)? The use of seed-size variation in “native commercialized” agriculture and agrobiodiversity conservation among Peruvian farmers. *Agriculture and Human Values* 20:107–123.
- Zimmerer, K. S. and D. S. Douches. 1991. Geo graphical approaches to native crop research and conservation: The partitioning of allelic diversity in Andean potatoes. *Economic Botany* 45:176–189.

Т. ХОДЧКИН, Р. РЭНА, ДЖ. ТАКХИЛЛ, Д. БАЛМА, А. СУБЕДИ, И. МАР,
Д. КАРАМУРА, Р. ВАЛЬДИВИЯ, Л. КОЛЛАДО, Л. ЛАТУРНЕРИ, М. САДИКИ,
М. САВАДОГО, А. Х. Д. БРАУН И Д.И. ДЖАРВИС

В прошлом столетии, правительства стран выделили значительные ресурсы на модернизацию сельскохозяйственного сектора, в том числе на разработку и распространение улучшенных сортов культур. Несмотря на активную деятельность в данной сфере, большинство сельских общин в развивающихся странах продолжают использовать традиционные или неофициальные источники семян или посадочного материала (Gaifani, 1992; Hardon и de Boef, 1993; Tripp, 2001). Они либо заготавливают семена сами, либо получают их у друзей, родственников, соседей или приобретают на местных рынках. В неформальной системе, семена могут приобретаться при помощи сделок за наличный расчет, бартера, в качестве подарков, обменов семян одного сорта на семена другого сорта, как заём, который выплачивается после сбора урожая или даже путем тайной экспроприации семян с поля другого фермера (Badstue и др., 2002). Даже семена, выведенные в официальном секторе, поддерживаются и распространяются неформально (Mellas, 2000; Bellon и Risopoulos, 2001), в значительной степени независимо от государственных учреждений.

В Непале в 1999–2000 г.г., менее 3% шалы приобреталось у сертифицированного сектора. Неофициальные системы семеноводства обширны, влиятельны в Буркина-Фасо, где менее 5% сорго в 1999 г. (Kabore, 2000) и в Мексике менее 25% маиса были приобретены в официальном секторе в 1999 г. (Ortega-Paczka и др., 2000). В Марокко только 13% семян пшеницы твердых сортов и 2,5% семян продовольственных сортов бобовых были получены из сертифицированных источников в 1999–2000 гг., свидетельствуя о том, что большинство засеянных семян были получены из разнообразия местных сортов или из ранних закупок семян (Mellas, 2000). Кроме того, традиционные или местные сорта продолжают составлять большую часть материала, который циркулируется в неформальных системах во многих частях света. Более чем на 50% площади для производства маиса в Мексике, более чем на 50% площади для производства риса в Непале и более чем на 90% площади для производства проса в Буркина-Фасо продолжается возделывание традиционных сортов (Upadhaya, 1996; Perales, 1998; Zangre, 1998).

Был проведен ряд исследований о функционировании неформальных систем семеноводства, в частности в отношении удовлетворения потребностей пользователей в экстренных случаях и во время стихийных бедствий, например, наводнений, засух или войн (Almekinders и др., 1994; Richards и Ruivenkamp, 1997; Sperling, 2001). Другие исследования посвящались социальным учреждениям, участвующим в неформальной сети семеноводства или способам, при помощи которых удовлетворяются потребности фермеров в соответствующих сортах (Weltzien и vom Brocke, 2000). Значительная часть данной работы касалась в основном функционирования системы семеноводства, а не материала, имеющегося в системе. Таким образом, Макгуайр (2001) пишет с точки зрения процессов обеспечения семенами, а Домингез и Джоунс (2005) описывают системы семеноводства как способы, при помощи которых фермеры производят, отбирают, заготавливают и приобретают семена. Аналогично Алмекиндрес и др. (1994) рассматривают системы семеноводства в точки зрения движения семян и других посадочных материалов путем производства семян и ролей учреждений в официальном и неофициальном секторах и фермеров в этих потоках.

Системы семеноводства неоспоримо важны для поддержания генетического разнообразия культур в условиях фермы. Количество и соотношения разных сортов и их наличие, связи и движение в пределах территории часто в значительной степени зависят от функционирования местной неформальной системы семеноводства (Jarvis и др., 2005), которая может быть довольно динамичной и меняться от года к году. Характеристики системы и картина их изменения во времени имеют большое влияние на генетическое разнообразие, представленное в отдельных культурах. Некоторые из наиболее важных черт систем семеноводства, которые могут предположительно повлиять на генетическое разнообразие, включают наличие, доступность и источники различных материалов, методов поддержания и практики селекции, а также степени этих изменений со временем.

Семеноводческие системы определенных культур в значительной степени подвержены изменчивости в наличии разных материалов как результат изменчивости в производстве, на рынке и климатических условиях, в случае таких катастроф как засухи и ураганы. Единицы, предназначенные для сохранения, также демонстрируют высокую степень изменчивости. В некоторых случаях отдельные популяции сохраняются отдельными домохозяйствами. В других, популяции комбинируются и смешиваются, а затем распределяются в разные партии семян, выращиваемые на новых участках. Как естественный отбор, так и отбор семян фермерами имеют значительное влияние на семена, произведенные для будущего посева, а фермеры могут иметь разные точки

зрения и методы управления запасами семян и интродуцирования нового материала, которые могут зависеть от половой принадлежности, финансового положения и возраста. Территория, на которой встречаются отдельные сорта, также изменчива в значительной степени, причем семена некоторых сортов заготавливаются локально, а другие могут быть частью обширных систем семеноводства, охватывающих один регион или всю страну (Louette и др., 1997; Zimmerer, 2003; Valdivia, 2005).

В данной главе рассматривается деятельность в рамках глобального проекта Международного Института Генетических Ресурсов Растений (ИПГРИ), касающегося сохранения в условиях фермы (Jarvis и Hodgkin, 2000) и другая относящаяся к делу информация по системам семеноводства и генетического разнообразия. Функционирование отдельных компонентов системы семеноводства (например, источник семян, поток семян, производство семян, селекция фермеров и условия хранения семян) исследуются с точки зрения эволюционных сил, которые формируют генетическую структуру популяций сортов культуры в условиях фермы. Исследуются способы, которыми разные характеристики систем семеноводств вносят свой вклад в перенос, миграцию, отбор, мутацию и рекомбинацию генов. В заключении, мы рассматриваем, как системы семеноводства вносят свой вклад в сохранение разнообразия культур, и рассматриваем вопрос о том, как можно наилучшим способом поддержать сохранение удовлетворительного адаптационного потенциала в культурах по мере интенсификации сельскохозяйственных систем.

Структура популяций и системы селекции

Традиционные сорта состоят из ряда партий семян, поддерживаемых отдельными фермерами. Первой в любом анализе систем семеноводства стоит проблема чистосортности, для решения которой устанавливается, что разные партии семян в действительности относятся к одному сорту, и, определяется связь между названием сорта и его генетической структурой. Это предусматривает осмысление способов, которыми фермеры на определенной территории используют названия и что они понимают под чистотой сорта (см. главу 3). В работе по маису в Мексике, Луэт и др. (1997) определили партии семян как физические единицы зерен, ассоциируемые с фермером, который их засеивает и сортом или культиваром как набором партий семян фермеров, которые носят одинаковое название, или имеют общий первоисточник и характеристики. Садики и др. (2005; глава 3) показали, что есть возможность определения чистосортности при помощи анализа набора признаков, которыми фермеры

согласованно пользуются для определения чистосортности, и предположили, что они являются эффективной основой для анализа управления, сохранения и эволюции сортов.

При анализе генетического разнообразия в системах семеноводства необходимо описание структуры метапопуляции местных сортов культуры и процессов производства и поставки семян. Это предполагает анализ размера и связей в сети частично и переменного изолированных субпопуляций, образующих весь состав саженцев сортов в регионе. Связи между компонентами данной сети образуются на базе системы поставки семян или движению семян внутри системы. По мере адаптации отдельных партий семян к разным участкам и, учитывая, что фермы сами занимаются селекцией, разные партии семян будут проявлять тенденцию к дивергенции. Это положение уравнивается при обмене или продаже семян или при поставке материала с рынка или других источников.

Первостепенный фактор, определяющий генетическую структуру традиционных сортов – это система селекции культуры (Brown, 2000). Многие культуры, например, рис, пшеница и ячмень, большей частью самоопыляемые, а другие культуры, например, просо африканское и маис перекрестноопыляемые. Третьи, например, картофель, тапиока, банан и другие плодовые культуры, размножаются при помощи клонов, в их случае семеноводство редко встречается или отсутствует вообще. Самоопыляющиеся культуры редко бывают полностью самоопыляемыми, а перекрестное опыление может редко встречаться среди таких культур как рис, сорго или конские бобы, но оно может достигать высоких показателей (например, 84% у конских бобов; Bond и Poulsen, 1983).

Сохранение особых свойств и характеристик определенного сорта не представляет трудностей в отношении самоопыляющихся или размножающихся клонами культур, тогда как поддержание сортов с особыми комплексными наборами признаков является более проблематичным в отношении культур с перекрестным опылением. Генетический дрейф между смежными полями с разными сортами широко распространен (Louette и др., 1997), что наводит на мысль о том, что отбор должен проводиться в каждом поколении для сохранения признанных характерных особенностей сортов. Ядав и др. (2003) отмечают, что в отношении люфы, свободноопыляемой культуры, отдельные домохозяйства фермеров в Непале выращивают очень малые популяции в размере всего лишь одного или двух растений, но все же на уровне сообщества сохраняется пять обособленных типов растения. Выясняется, что должен иметь место генетический дрейф в достаточной мере, чтобы ограничить инбредную депрессию в сочетании с отбором фермеров для сохранения чистоты типа.

Что касается большинства культур, размножаемых клонированием, «семя» фактически – это некая часть растения (например, клубнеплоды у картофеля или ямса, луковицы у таро, клональная почка у банана). Предполагается, что внутрисортная изменчивость очень ограничена (но см. Brush и др., 1995 и Zimmerer и Douches, 1991 г. по поводу внутрисортной изменчивости в картофеле). Карамура и др. (2005) высказывают мнение о том, что такое предположение может повлиять на устойчивость системы, потому что в то время как все остальные условия вокруг растения, например, механический состав почвы, питательные вещества и наличие воды, могут меняться в течение столетий, генетическая структура банана незначительно изменилась. Это обстоятельство следует учитывать особенно в условиях быстрых изменений в течение короткого периода времени, как в случае, когда фермер начинает использование пестицидов, гербицидов и удобрений.

Системы семеноводства и действие эволюционных движущих сил

Атрибуты систем семеноводства, такие как источники семян, поток семян, производство семян, отбор семян фермерами и условия хранения семян главным образом воздействуют на масштаб и распространенность генетического разнообразия в традиционных системах фермерского хозяйства через их влияние на эволюционные силы, которые сохраняют или меняют генетическое строение популяций растений. Данные силы – это размер популяции и критические параметры, их воздействие на дрейф генов; миграция, которая состоит из обмена семенами, так и движения пыльцы; рекомбинация и мутация, при которых возникают новые гены или комбинации генов; отбор как результат экологических движущих сил или человеческой деятельности.

Размер популяций, критические параметры и дрейф генов: Количество и размер популяций, являющихся источниками семян

Размер популяций сортов или партий семян варьируются в значительной степени в отношении разных сельскохозяйственных культур в разных ситуациях. Как отмечалось ранее, популяции люфы в Непале очень малочисленны, а одно домохозяйство в редких случаях сажает более 10 растений (Yadav и др., 2003). То же самое относится ко многим культурам, которые возделываются в огородах (Watson и Eyzaguirre, 2002; Mar и др., 2005). И наоборот, фермеры засаживают популяции, состоящие из многих тысяч единиц одного сорта таких культур как рис или ячмень.

В дополнение к заметным различиям между культурами в размере популяций, также могут быть значительные изменения между годами для одного сорта, а решения фермеров, которые они принимают по размеру и размещению сортов на собственных полях будет иметь заметное влияние на общий размер популяции и ее структуру. В Бан Мей Муте (Ban Mae Moot) в Таиланде, селе примерно на 100 семей, количество полей, используемых для нескольких сортов, заметно менялось из года в год. Два самых ходовых сорта оставались неизменными в 2001 и 2002 гг., а сорт, который возделывался только на трех полях на одной площади в 2001 г. стал самым ходовым в 2002 г., возделывался 16 фермерами на пяти посевных площадях в данном селе. В этом случае один из фермеров предоставил дополнительную партию семян, а новые фермеры оставили свои запасы семян для будущих посевов (К. Rerkasem, личный комментарий, 2003).

Резкое снижение в охвате (и размеров популяций) сортов нередкое явление. Чаудхари и др. (2004) зарегистрировали снижение численности фермеров, сохраняющих только один из традиционных сортов риса с 16 до 3 за всего лишь один год (в тот же год, когда число возделываемых традиционных сортов резко снизилось с 22 до 15). Аналогично изменениям в количестве фермеров (или количестве субпопуляций), значительные изменения могут произойти в области производства, как на уровне села, так и на уровне отдельной фермы.

Решения фермеров о размере популяций могут контролироваться государством. В Венгрии, нормативные положения, касающиеся семян, могут ограничить размер популяции сортов маиса, потому что местные сорта маиса не могут высеваться на больших полях и поэтому их культивация ограничивается небольшими площадями и огородами (Маг и др., 2005).

Резкое снижение количества фермеров, выращивающих определенный сорт, за которым следует резкое повышение их числа, может создавать генетический “эффект бутылочного горлышка”, зачастую связанный с потерей генетического разнообразия. Это может произойти в результате стихийных бедствий, таких как наводнения или ураганы, при которых местное наличие семян весьма ограничено, как и в случае с фасолью в Мексике. Более долгосрочное поддержание популяций малых размеров также способно снизить генетическое разнообразие. С точки зрения любых аспектов влияния размера популяции на разнообразие, необходимо принимать во внимание как размер партии семян (популяция, поддерживаемая отдельными фермерами) и численность сорта (комбинация популяций в разных партиях семян) и учитывать количество обменов и перемешивания, которое происходит между партиями сортов с течением времени.

Способы связей между индивидуальными партиями семян, составляющими

единую крупную популяцию сорта, также зависят от системы селекции культуры и физической предрасположенности единиц производства в пределах определенной территории. Поля фермеров могут быть большими или маленькими, находится близко или расположены далеко друг от друга. Структурное построение может привести к ряду воздействий на генетическое разнообразие культур, также в зависимости от степени ауткроссинга. Куалсет и др. (1997) предполагают, что небольшие земельные наделы изолируют популяции сортов друг от друга, таким образом, сокращая образование нового генетического материала при помощи естественной рекомбинации. Исходя из теории биогеографии (McArthur и Wilson, 1967), Куалсет и др. (1997) предполагают, что без управления со стороны человека, генетическое разнообразие культур, которые обитают на небольших участках земли, пострадало бы от случайного распространения генетических мутаций в популяции, а в популяциях наблюдалась бы инбредная депрессия. Они также предполагают, что вклад человека может сбалансировать эти процессы и внедрить новые генетические признаки в изолированные популяции посредством обмена семенами и отбора со стороны фермеров (см. Louette и др., 1997).

Воздействие генетического дрейфа зависит от размера популяции и часто недооценивается при крупном размере популяции (Gillespie, 1998), как в случае со многими культурными растениями, которые выращиваются в сельскохозяйственных системах. Наиболее вероятная степень генетического дрейфа в связи с частотой аллелей и потерей аллелей в популяции может быть рассмотрена при помощи концепции эффективного размера популяции. Это абстрактный стандартизирующий параметр, определяемый как размер идеальной гипотетической популяции, которая обусловила бы такое увеличение инбридинга (или утерю гетерозиготности или отклонения в частоте аллелей), который имеет место в фактической изучаемой популяции.

В отношении культурных растений, очень ограничены данные по генетическому воздействию размеров популяций и субпопуляций. Луэт (2005) описывает генетическую нестабильность местных и экзотических сортов мексиканского маиса из-за малых размеров популяций. В районе Кусалапе (Cuizalapa), площади полей ограничены и различные сорта засеваются на одном поле. Размер партий семян одного сорта очень мал, и более 30% партий семян засеваются во время шести сезонов культивации, изучаемых в исследовании Луэта, состояли из менее 40 початков. Следовательно, в отношении значительной пропорции изучаемых партий семян следовало учитывать снижение размера популяции, что вело к неустойчивости их разнообразия и, возможно, к потере редких аллелей.

Резкие изменения в размере популяций (и характер исходной популяции), которые могут быть последствием низкоурожайных сезонов хорошо показано на примере сортов конских бобов в Марокко. Сравнение параметров сорта после разных сезонов в Марокко свидетельствует о том, что в каждой деревне выращиваются одинаковые сорта. Однако, частота каждого сорта в потоке или движении семян (процентное соотношение семян каждого сорта в общем количестве семян, используемых в одном селе) меняется в соответствии с типом сезона и источником запаса семян. В хорошие годы фермеры сами заготавливают семена в селах, тогда как в плохие годы многим фермерам приходится покупать семена предпочтительных сортов на местном рынке. В хорошие годы они заготавливают большое количество разных партий семян множества сортов, чем в неурожайные годы. В урожайные годы есть больше отдельных источников популяций, которые зачастую довольно малочисленны, тогда как в неурожайные годы используется один крупный источник популяции (на рынке). Вдобавление, частота сортов меняется в зависимости от засеваемой ими площади (вставка 4.1).

Еще два главных момента, которые стоит упомянуть, касаются влияния ограниченного размера популяции на генетическое разнообразие. Во-первых, генетический дрейф и ограничения размера популяции могут оказать прямое воздействие на аллельное богатство, а не на их однородность. Редкие варианты утрачиваются в первую очередь. Мало информации о степени серьезности данного факта на генетическом уровне в системах семеноводства для сельскохозяйственных культур, хотя ясно, что редкие сорта первыми теряются, когда сокращается число сортов со временем (Chaudhary и др., 2004).

Так, например, общее агроморфологическое разнообразие *Phaseolus lunatus* сохранялось в 30 кубинских огородах в трех частях Кубы и оказалось, что оно оставалось высоким (Castiñeiras и др., 2001a) несмотря на их сохранение в небольших и явно ограниченных популяциях. Во-вторых, оптимальные размеры популяции возможно должны быть небольшими, если они должны играть роль единственного субъекта существенной генетической эрозии. Однако в сочетании с отбором, малые размеры в значительной степени эродировать неотсементированное разнообразие. Эта ситуация может быть актуальной для сортов, которые сохраняются в огородах (Castiñeiras и др., 2001b; Yadav и др., 2003; Mag и др., 2005), что можно использовать для изучения перспектив.

Миграция: Обмен семенами и пылью

Миграция – это расселение или перемещение в пространстве отдельных растений, вегетативного размножающегося материала, семян или пыльцы

Вставка 4.1 Статистические данные для сравнения: Оптимальное количество местных сортов на данной площади

Предположим, что во время исследования на ферме или в селе было обнаружено шесть местных сортов и наблюдается следующая частота $\{p_i\}$:

$\{0.5, 0.25, 0.1, 0.05, 0.05, 0.05\}$

Концепция оптимального количества единиц (например, местных сортов, исходников) на определенной территории – это количество единиц (n_e) с идентичной частотой (i/n_e), которые в результате дают одинаковую вероятность идентичного происхождения, в случае, когда два случайных гена сравниваются на предмет происхождения:

$$n_e = i / (\sum p_i^2)$$

Для этого вектора частоты, реальное количество местных сортов в данном случае составляет 6; оптимальное число – 3,03 (таблица вставки 4.1).

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 4.1. Пример: Состав местных сортов семян конских бобов, заготовленных фермерами в 9 селах на участке Ортзагх (Ortzagh), Марокко.

	Урожайный год	Год средней урожайности		Неурожайный год
Средний показатель	9 сел	9 сел	7 сел*	9 сел
Пропорция семян фермеров	0,93	0,82	0,4	0,31
Реальное количество местных сортот	5,1	5,0	4,6	3,6
Оптимальное количество местных сортот	3,49	3,53	2,54	1,97†

Источники: Arbaoui (2003); Ghaouti (2003).

*Эти средние показатели исключают два села, в которых были засеяны купленные семена.

†В двух селах, где не засевали местные сорта, оптимальное количество равнялось нулю.

Закключение: В неурожайные годы у фермеров было меньше семян, ниже богатство местных сортот и ниже однородность частоты.

между популяциями или субпопуляциями обычно, но не обязательно, имеющие различия в частоте гена. Можно различить два типа миграции: миграция между популяциями одного местного сорта между полями, фермерами или сообществами и миграциями между популяциями разных сортот в результате намеренного или случайного перемешивания.

Миграция, обусловленная семенами, по всей видимости, является особенно важной чертой традиционных систем семеноводства, когда речь

идет о расселении или перемещении семян в пространстве. Перенос генов, обусловленный пылью, тоже, по всей видимости, является существенным, но информация по его распространенности (или между популяциями одного сорта или между разными сортами) в традиционных системах фермерского хозяйства очень ограничена (но, см. Louette, 2005). Однако в данное время это явление считается особенно важным как результат увеличивающейся распространенности новых сортов, содержащих трансгены (Gepts и Pira, 2003).

Традиционные системы семеноводства динамичны, с частыми изменениями в численности, чистосортности и распределения местных сортов. Постоянно появляются новые сорта и материалы на местных рынках и в коммерческих или национальных селекционных программах, а это еще более усложняет анализ генетических последствий миграции в традиционных системах семеноводства. Миграция в целом рассматривается как мощная гомогенизационная сила в отношении степени и распространенности генетического разнообразия, и возможно, она действует как важный способ сохранения чистоты многих местных сортов сельскохозяйственных культур.

МАСШТАБ МИГРАЦИИ

Значительная доля миграции в традиционных системах фермерского хозяйства локальная. Фермеры обменивались 75%-100% семян, используемых фермерами в долине Агуайтия (Aguaytia) в Перу в пределах сообщества. Только семена фасоли, тапиоки и маиса обменивались за пределами сообщества, и даже тогда это составляло наименьшую долю используемых семян (25%, 15,2%, и 13,5% соответственно; Riesco, 2002). В более подробном исследовании Колладо-Пандуро и др. (2005) выявили, что обмен семенами маиса, тапиоки, земляного ореха, перца чили и хлопка между 13 сообществами по течению центральной части р. Амазонки в Перу происходил намного реже, чем внутри сообществ. Это, по всей видимости, отражает трудность доступа и коммуникации между сообществами и рекой, которая является основным путем сообщения между ними.

Однако масштаб миграции может быть намного крупнее. Сорта картофеля в Перу часто перемещаются между разными высотами над уровнем моря в пределах территории в рамках семеноводства и практики управления (Zimmerer, 1996). Можно задействовать большие расстояния, как показал Вальдивия (2005) для некоторых корнеплодов и клубнеплодов в Андах (рис. 4.1). Андский сорт картофеля *Isleño*, выращиваемый на полях Кочабамбы

(Cochabamba) (в Боливии), продавался на местном рынке. Из Кочабамбы он перевозится в сторону Оруро (Oruro) и Ла Паса (La Paz). Из Ла Паса (Эль Альто), перевозится в близлежащие сообщества и к границе между Боливией и Перу. Оттуда этот продукт попадает в Перу, часть материала перевозится в Юнгуйё (Yunguyo) (который является природоохранным микроцентром), где он снова продается. Пунктами назначений этого сорта, в виде семян, были сообщества Апиллани (Apillani), Оллара (Ollaraya) и Уникачи (Unicachi), а также города Илаве (Ilave), Пуно (Puno) и Джулиака (Juliaca), откуда сорт перевозился в соседние сообщества для заготовки семян и для конечного потребления. Другими пунктами назначения были прибрежные города в Перу – Такна (Tacna), Мокуегуа (Moquegua) и Арекуипа (Arequipa), для конечного потребления. В зависимости от производства и климатических условий, миграционный маршрут семян мог лежать в обратном направлении. Таким образом, семена из Хуанкане (Huancane) (Перу) перевозились в Пуэрто Акоста (Puerto Acosta) (Боливия), а оттуда в Ла Пас, откуда они развозились в разные части Боливии. Расстояние от Кочабамбы в Боливии до Арекуипы в Перу составляет более 800 км.

Другими примерами установившихся маршрутов перемещения сортов между сообществами или регионами могут служить поставка посадочного материала тапиоки вдоль р. Амазонка в Бразилии (Coomes, 2001) или перемещение отдельных сортов ячменя в Непале. Однако ни в одном из случаев перемещение материала не является настолько комплексным как в случае оки.

СМЕНА СЕМЯН И ИСТОЧНИКИ СЕМЯН

Хотя многие фермеры предпочитают заготавливать свои семена по мере возможности, в течение нескольких лет им приходится сменять семена частично или полностью семенами того же сорта с другого источника. Таким источником обычно является родственник, сосед или местный рынок (зачастую, в таком порядке предпочтения). Таким способом, на протяжении нескольких лет происходит динамическое перемещение и смешивание, при котором потомство отдельных популяций перемещается между фермерами, перемешивается во время обмена или продажи на рынке, служит источников нового обмена или просто теряется. Степень таких перемещений зависит от сельскохозяйственной культуры, страны и сообществ, на нее влияют экологические факторы, производственные проблемы, общественные отношения и социально-экономические условия.

Текущие данные из нескольких систем свидетельствуют о консервативных стратегиях смены семян. Например, в таблице 4.1 приведены обобщенные данные по двум сельскохозяйственным культурам в трех селах в Венгрии. В случае с фасолью, 75% (Дежаванья (Déványa)), 83% (Орсег (Örség)) и

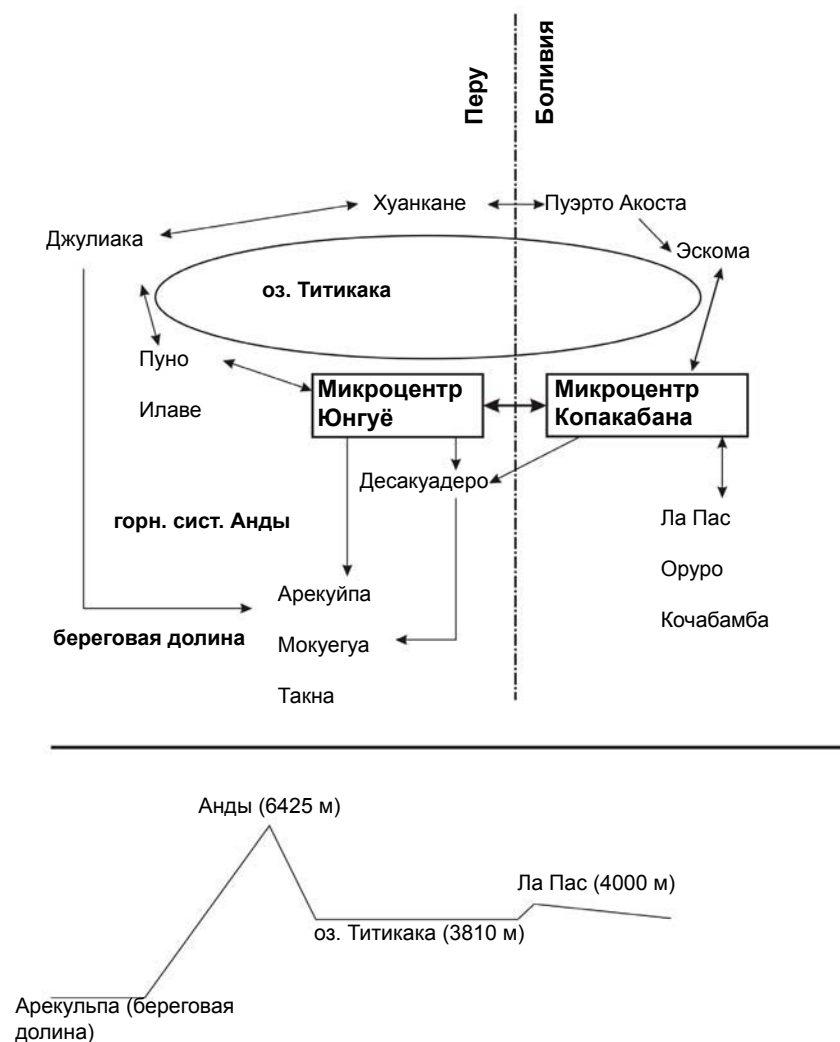


РИСУНОК 4.1. Схема распределения оки [прим. переводчика - клубнеплод] сорта *Isleño* в Боливии и Перу.

89% (Тисзахат (Tiszahát)) фермеры сменяли семена менее шести раз или не меняли семена своих сортов за последние два десятилетия. В случае с маисом показатели немного выше: 92% в Деваваньи (Dévaványa), 93% в Орсере (Örség), 84% в Тисзахате (Tiszahát). Однако, такой краткосрочный консерватизм может ввести в заблуждение. С точки зрения оптимального размера популяции всего сорта, вопрос состоит в том, происходит ли перемещение семян или перенос генов из исчезающих местных популяций в новые, пополняющиеся семенные фонды. Когда миграция приводит к перемещению, оптимальный размер исходных популяций определяет размер всей системы. Этот размер был бы меньше, если бы происходил обмен между старыми и новыми семенными фондами (см. Maquyama и Kimura, 1980 , где представлено теоретико-модельное рассмотрение).

Результаты, полученные в Непале, свидетельствуют о том, что большинство разнообразия среди местных сельскохозяйственных культур в отношении риса, таро, проса пальчатого и ячменя сохраняется посредством неформального обмена внутри и между сообществами через социальные структуры (Baniya и др., 2003). Перемещение семян проса пальчатого находилось на низком уровне в отдельно взятые годы и около 90% фермеров заготовили собственные семена. Однако, 82% фермеров обменивали семена через регулярные промежутки времени, чаще всего в среднем, через каждые три года, причем женщины-фермеры в этом процессе участвовали чаще, чем мужчины. Получение семян местных сортов культур у других фермеров рассматривается как признак недостатка умения ведения фермерского хозяйства, следовательно, этого избегают.

Отношение и подход фермеров к смене семян меняются в зависимости от ряда факторов. В Непале фермеры вполне готовы приобретать современные сорта на рынках или даже официальных источников. Очевидно, что они считают необходимым часто менять семена, чтобы добиться постоянного уровня урожайности и, что качество таких семян выше, чем семян того же сорта, заготовленных фермерами самостоятельно. Однако это не относится к семенам местных сортов, которые трудно найти в свободной продаже на местных рынках, где сохранение семян сочетается с тщательным отбором.

Большинство непальских фермеров приобретают, с целью смены семян, желаемые семена у других фермеров сразу после сбора урожая. В некоторых случаях, когда саженцы не прорастают или не подходят для пересадки, фермеры заимствуют сеянцы в качестве источников для нового материала. Это один из видов управления кризисными ситуациями, и у таких фермеров обычно выбор ограничен в отношении приобретенного сорта, хотя они могут попытаться получить материал из микросреды, схожей с собственной.

В Юкатане, Мексика, фермеры традиционно выращивают много культур, например, маис, фасоль и кабачки вместе (системы мильпа). Фермеры в основном сами заготавливают семена маиса и кабачков, где это возможно. Однако, существует значительная зависимость от сделок между фермерами по обмену местными сортами фасоли. Фермеры, которые известны благодаря надежному и регулярному производству качественного урожая фасоли, поддерживают цветущий бизнес, как на уровне сообщества, так и на региональном уровне, продавая семена фасоли другим фермерам, которые не заготовили семена для посадки. В отличие от того, как семена фасоли перемещаются от одного фермера к другому посредством сделок за наличный расчет, партии семян маиса и кабачков передаются часто в виде подарков или посредством обмена одного типа семян на другие. Такие различные потоки движения семян могут объяснить причину того, что фасоль – это первая из культур, которую фермеры в Юкатане исключают из системы мильпа, когда преобразовывают сельскохозяйственное производство в ответ на меняющиеся агроэкологические и общественные условия.

Как показано на примере конских бобов в Марокко и культур в Мексике и Мозамбике, масштаб миграции может существенно меняться из года в год, причем значительная степень миграции приходится на время, когда уровень производства низкий или в результате крупной потери семян из-за таких стихийных бедствий как наводнения и ураганы.

СЕТЬ ПОСТАВКИ СЕМЯН

Лопе (2004) свидетельствует о том, что в Юкатане, Мексика, сорта могут существовать в деревне, но необходимы соответствующие общественные связи

Таблица 4.1. Практика смены фермерами семян местных сортов фасоли и маиса в Венгрии.

Смена	Деваванья (Dévaványa)				Орсег (Őrség)				Тисзахат (Tiszahát)			
	Фасоль		Маис		Фасоль		Маис		Фасоль		Маис	
	№	%	№	%	№	%	№	%	№	%	№	%
Нет смены семян	26	31	10	21	56	56	24	37	57	58	41	50
Как минимум 3 раза, но <6 раз	36	44	34	71	27	27	36	56	30	31	28	34
Более шести раз	1	1	0	0	2	2	1	2	4	4	5	6
Нет определенной стратегии смены	20	24	4	8	15	15	3	5	7	7	8	10
Итого	83	100	48	100	100	100	64	100	98	100	82	100

Источник: Маг и др. (2005).

для доступа к ним. В частности, в Юкатане фермеры полагаются в основном на родителей (*compadrazgo*) или родственников по крещению при поиске семенных фондов для обновления или смены своих посадочных материалов.

Анализ систем поставок семян риса в Непале (Subedi и др., 2003) показал всю их сложность и зависимость от ряда социальных переменных. В разных сообществах функционируют разные системы поставок. В низменности Бара, где превалируют современные сорта риса, было обнаружено несколько разрозненных систем, а на участке Каски на склонах холма (где все еще доминируют местные сорта) было меньше систем, но более крупного масштаба. Возможной причиной этого является наличие более обширной связи между отдельными людьми, а широкий ассортимент сортов у разных фермеров, а также разных источников семян. На обеих территориях Субеди и др. выявили конкретных фермеров, являющихся связующим звеном систем, которым дали характеристики на основе их участия во множестве обменов. Эти центральные фермеры служили общепризнанными источниками семян для других фермеров и также запасали посадочные материалы внутри сообщества и за его пределами. Интересно то, что, играя центральную роль в потоках семян, эти фермеры очень редко консультируются друг с другом. Было предложено, чтобы эти фермеры могли играть роль основных хранителей разнообразия сельскохозяйственных культур в системе (Subedi и др., 2003).

Даже в более крупных системах, не все индивидуумы связаны между собой на уровне сообщества. Вместо этого есть подсистемы, которые связаны друг с другом через отдельных лиц. Это обстоятельство свидетельствует о том, что в неофициальных потоках семян или посадочных материалов не всегда задействованы все члены сообщества. Поток материалов был бы более интенсивным при помощи множества пространственно распределенных систем поставок мелкого масштаба. В крупных социальных системах, прямой контакт со всеми физическими лицами невозможен, но случайные связи в системе могут быть прочными в случае распространения нововведений и информации, так как случайные связи дают возможность получения новой информации и материалов (Granovetter, 1973).

На низменных территориях и склонах холмов Непала не были обнаружены отдельные системы поставок с учетом половой принадлежности. Генетические материалы перемещались через смешанные группы мужчин и женщин на обеих изучаемых территориях. Это отличает их от сетей передачи информации, выявленных Субеди и Гарфорт (1996) в определенных сообществах на холмогорьях на западе Непала. В рамках данных сетей в отдельных сообществах были определены сети передачи информации между мужчинами, между мужчинами и женщинами (под руководством мужчин), между женщинами и

мужчинами (под руководством женщин) и между женщинами. Аналогично, системы поставки семян риса не основывались на категории благосостояния, свидетельствуя о том, что не было барьера между представителями обоих полов и категорий материального благосостояния в перемещении генетических материалов.

В противоположность этому, в Юкатане поток семян маиса, фасоли и кабачков имеют тенденцию к разделению по половому признаку в соответствии с производственными площадями, где выращивается культура. Мильпа считается центром сферы влияния мужчин, где главным образом мужчины управляют потоком семян культур, посаженных там, в частности маиса. Однако, когда высаживается одинаковая культура в огородах и на сельских земельных участках, женщины зачастую играют заметную роль в отборе, заготовке и обмене семян, так как эти участки считаются сферой влияния женщин. В отношении такой культуры как чилийский перец, который выращивается как в огородах, так и на мильпах, мужчины и женщины скорее играют в равной степени важные роли в потоке семян, если рассуждать с точки зрения сообщества или на уровне сорта.

В Венгрии, доступ к семенам местной заготовки и знаниям об особенностях технологий производства ограничен и осуществляется через личные контакты. Продажа семян на местных рынках контролируется исключительно со стороны Национального института контроля качества сельскохозяйственного производства, таким образом, функционирование местных неофициальных систем семеноводства не легализованы и рынки не являются частью данной системы. Однако семена традиционных сортов продаются в качестве зерна или фуража, и некоторое их количество может проникнуть обратно в качестве семян для посадки (рис. 4.2).

МИГРАЦИЯ И ОТБОР

Исследования миграции при помощи (дивергенции) субпопуляций в модельных системах показали, что неравномерная скорость миграции между ними может сократить оптимальный размер популяции в системе, в особенности, когда производится смена семян на одной ферме (Maruyama и Kimura, 1980; Wang и Caballero, 1999; Whitlock, 2003). Таким образом, воздействия миграции на разнообразие в значительной степени зависят от взаимодействия между миграцией и отбором, от того, как фермеры управляют непрерывным вкладом в разнообразие и насколько разнообразие приспособлено к местной среде. Мигрирующие растения могут вытеснить существующие местные сорта (или

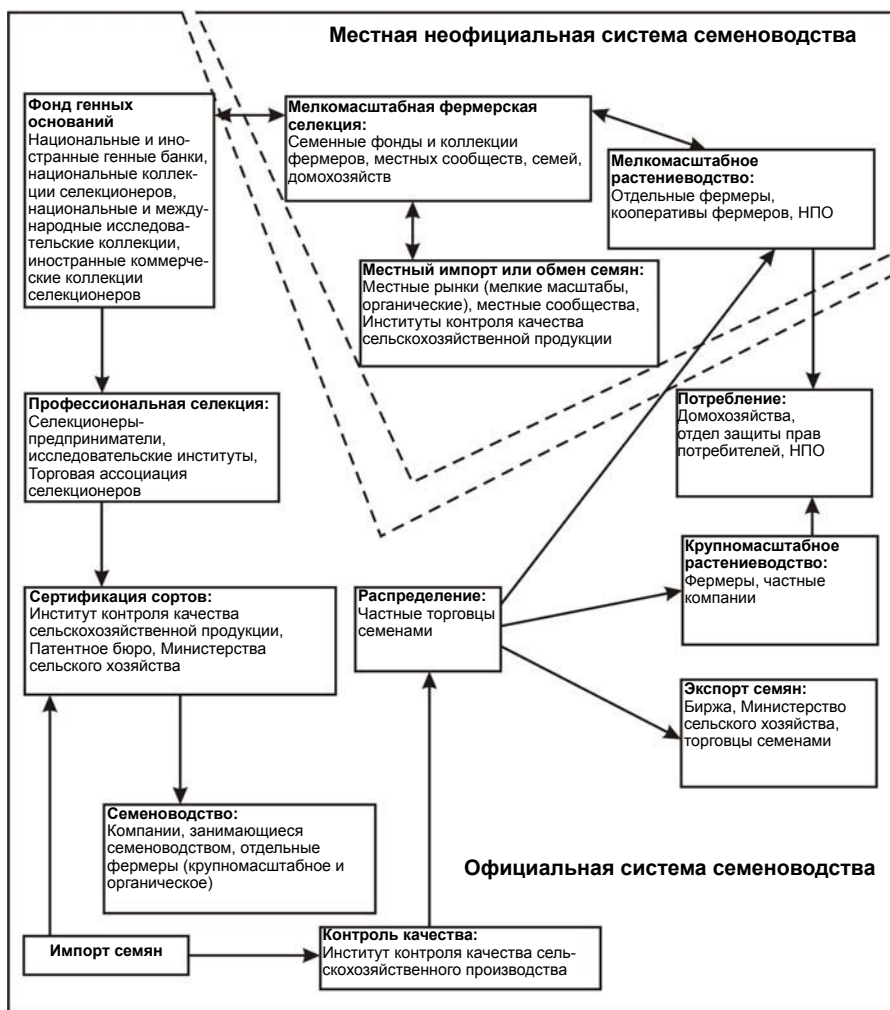


РИСУНОК 4.2. Движение семян через неофициальные и официальные секторы в Венгрии (Mag и др., 2005). НПО = неправительственная организация.

определенные популяции местных сортов), смешаться с ними, гибридизироваться и обмениваться с генами, в конечном счете, они могут раствориться в одной популяции. Генетическое воздействие миграции тесно связано с методами управления и отбора и второстепенно способами, которыми пользуются фермеры для интродуцирования или распространения новых материалов.

В Яксабе (Yaxcaba), Юкатан, доля партий семян улучшенного маиса, высеваемые фермерами племени майя, равна примерно партии семян местного сорта с коротким циклом (*xmejen-nal*), оба из которых в основном высеваются в аналогичных микросредах поля. Несомненно, внедрение улучшенного

сорта за последние два десятилетия повлекло за собой определенную степень вытеснения популяций *xmejen-nal*, но улучшенный семенной фонд маиса в значительной степени креолизирован (*sensu* Bellon и Risopoulos, 2001) в определенных признаках, таких как листовая обёртка початка кукурузы, давая возможность предполагать, что фермеры попутно допускали или поощряли значительный перенос генов с местных сортов на улучшенные местные популяции маиса. Учитывая природу перекрестного опыления у маиса, можно также предполагать, что перенос генов происходит от креолизированных улучшенных семенных фондов маиса в местный материал, и при проверке, многие партии *xmejen-nal* содержали как минимум несколько початков, с характеристиками зерновок улучшенного маиса. Луэт (Louette) и др. (1997) также указывают на то, что перенос генов происходит среди сортов маиса в Кусалапе. Фермерский отбор может значительно снизить такое воздействие на характеристики, которые важны для производства, но все же может происходить в отношении генов или признаков, которые не находятся под давлением отбора.

Также важно учитывать генетические изменения, которые могут происходить внутри сортов в результате отбора и использования семян на ферме, в зависимости от системы селекции культуры. В долине Кусалапа (Cuzalapa) в Мексике, фермеры постоянно обмениваются небольшими партиями семян маиса, как в пределах региона, так и за его границами. Хотя небольшой в масштабе, такой обмен стал неотъемлемой частью локальной культивации, потому что с его помощью можно получить семена для высадки в любое время года, а также служит источником внедрения нового разнообразия в существующие местные сорта (Louette и др., 1997).

Рекомбинация

Рекомбинация во время полового размножения в гетерозиготных растениях в результате дает новые комбинации генов. Они могут выжить, а могут и не выжить, чтобы стать частью популяции в зависимости от естественного и фермерского отбора. Рекомбинации в перекрестно опыляемых видах, таких как маис и просо африканское дает возможность непрерывного производства новых генотипов в каждом поколении. В самоопыляющихся видах, в значительной степени, являющиеся гомозиготными растениями, рекомбинации имеют основной эффект только тогда, когда происходит случайное перекрещивание. С точки зрения систем семян и их роли в поддержании генетического разнообразия видов культур, значимость рекомбинации является результатом ауткроссинга

между мигрантами и местными популяциями после миграции семян некоторых типов или последствий переноса генов посредством пыльцы.

Тот факт, что традиционные фермеры часто выявляют новые типы, появляющиеся на их полях и проявляют к ним интерес, часто упоминается в литературе (Richards, 1989). Они могут быть просто результатом инородного материала (или мигрантов), но также и потомками ауткроссинга некоторых видов, а отсюда — последствием рекомбинации. Хотя рекомбинация, несомненно, важна для поддержания разнообразия, ее роль или воздействие на системы семеноводства кажутся незначительным. Однако, с точки зрения способов работы систем семеноводства, было бы интересно далее исследовать способы, которыми новые материалы интегрируются в системы семеноводства и разные методы их замещения, конкурируют существующими компонентами или смешиваются с ними.

С введением генетически модифицированных культур, перенос пыльцы может стать в возрастающей степени важным с точки зрения воздействия на популяции местного сорта и их характеристики. В случае если это произойдет, это может изменить практику управления семенами и функционирование системы семеноводства в зависимости от фермерского отбора и практики управления. В настоящее время, наиболее важные гены — это те, которые передают устойчивость к гербицидам и вредителям. Публиковались данные (однако не подтвержденные объективно), что трансгенные ДНК были обнаружены в местных сортах маиса в Оаксаке (Oaxaca) в Мексике (Quist и Chapela, 2001).

Мутация

Низкий уровень мутации среди большинства культур исключает мутацию как основного агента изменений в краткосрочный период в некоторых видах, размножающихся клонами. В бананах мутация определенно ведет к появлению дочерних отростков, которые отличаются от материнского растения. Все одомашненные бананы, диплоиды и триплоиды, практически бессеменные и размножаются клонами. Было обнаружено, что соматические мутации более распространены в разных группах бананов, в частности в тех, которые выращиваются в больших количествах, а именно, десертные бананы, восточноафриканские высокогорные бананы (группа *Musa* aaa) и бананы райские (*Musa* aab) (Pickersgill и Karamura, 1999).

В восточной Африке, где различия незначительны, дочерние отростки имеют те же названия и считаются идентичными материнскому растению.

Однако, там, где есть заметные различия, фермеры могут использовать новые названия для отростков. Различия такого типа практически всегда ассоциируются с гроздьё и имеют значение для фермеров, торговцев или потребителей. Например, бананы райские с высокогорья, по общепринятому мнению, превратились в пивные бананы, став горькими, потому что содержат больше танина. Пивные бананы получили новое название, но временами, их называют исходным наименованием. Это происходит, потому что фенотипы пивных бананов не отличаются от райских бананов, хотя их больше невозможно есть в сыром виде или использовать в кулинарных целях из-за высокого содержания танинов. Таким образом, мы находим такие названия как *Nakabululu-enyamuunyo* (для кулинарных целей) и *Nakabululu-embiiire* (пивные) и *Nakabululu-embiiire*, который также имеет собственное название: *Enshyenyuka*. Если изменение заметное, но незначительное, например изменение в пигментации псевдостебля, черешка или центральной жилке листа, то название дочерних отростков может сохранить название, к которому добавляется частица для обозначения изменения. Например, *Nakitembe* (*Musa* ааа), восточноафриканский клон, обычно имеет зеленые черенки и центральные прожилки листа, но есть мутанты с красными черешками и центральными прожилками, который называется *Nakitembe omu-muyufu* (красный) (Karamura и Karamura, 2004).

Такие мутации, по всей видимости, увеличивают изменчивость генотипов на территории и, в зависимости от успеха любого типа мутанта, изменяют распределение существующего разнообразия (вставка 4.2). В Уганде, *Siira*, у клона высокогорного райского банана с гроздьё среднего размера есть мутант (*Atwalira*) с более цилиндрической, компактной и тяжелой гроздьё. Мутант имеет большую коммерческую ценность, чем исходное родительское растение (D. Karamura, личный комментарий, 2004). Хотя мутация может играть роль в генерации новых изменений в ряде клонально размножающихся видов, степень, в которой это происходит, и новые типы входят в систему поставки семян, недостаточно изучена сама по себе. В отношении таро в северном Вьетнаме, разные учреждения обычно занимаются размножением разных сортов. Интересно исследовать связь между разными учреждениями и методами размножения с разной частотой мутаций и их воздействие на изменчивость, обнаруженную в материалах обмена разными сортами (таблица 4.2).

В отношении некоторых культур, возможен тот вариант, что фермеры могли непреднамеренно отобрать мутабельные системы (например, те, которые вызваны наличием мобильных генетических элементов), потому что они генерируют новые, отличительные примеры окраса семян, стеблей и цветов. Примером этому может служить система Активатора/Диссоциатора (Ac/Ds)

для маиса, в которой мобильные генетические элементы вызывают мутации с воздействием на фенотипы. Клегг и Дурбин (2000) предполагают, что в ранние времена одомашнивания *Irotioea purpurea*, людей могло привлечь разнообразие окраса цветов, которое являлось последствием богатого разнообразия мобильных генных элементов в геноме выюнка пурпурного. Такие модели могут действовать как условные обозначения сортов или как источники интересных новых свойств. Такими способами мутация может служить как идентифицируемая, хотя и незначительная, причина изменений в сортах и растениях, которые размножаются семенами и поэтому может влиять на сохранение сортов и их обмен.

Отбор

ФЕРМЕРСКИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Генетическое строение местных сортов в значительной степени зависит от воздействия как естественного отбора и отбора (сознательного и непреднамеренного) фермеров (вставка 4.3). В отношении многих характерных особенностей, фермерский отбор может пополнить отбор, под влиянием окружающей среды с течением времени, в частности отбор на устойчивость к неблагоприятной почве, климату или вредителям. Например, на Юкатане, среднее время до цветения большинства распространенных высеваемых местных сортов, *xnuuk-nal*, точно соответствует периоду времени между обычным началом сезона дождей (когда начинается посев) и обычным пиком ежемесячных дождевых осадков. Пик дождевых осадков совпадает с выделением пыльцы мужскими цветками маиса, когда женские цветки готовы к оплодотворению, и когда начинают развиваться оплодотворенные початки—вкратце, когда растения маиса находятся на физиологическом этапе, когда потребность в воде доходит до критической отметки. Это также верно в случае, когда производится отбор для адаптации к особым абиотическим и биотическим стрессам.

Агроморфологические исследования показали, что местные сорта сорго, собранные в Мали в 1998 и 1999 г.г. созрели на 7–10 дней раньше срока, чем те которые собирались 20 лет назад, либо в результате естественного отбора, либо фермерского отбора, при котором отдавалось предпочтение материалам с короткими сроками созревания в условиях все более неопределенного наличия влаги (M. Grum, личный комментарий, 2001).

Вставка 4.2 Перемещение семян в Уганде

В общем плане, распознаются два маршрута бананов—традиционная и нетрадиционная системы семеноводства—хотя на уровне фермы оба маршрута соединяются. Несомненно, это самая древняя и наиболее распространенная система, в соответствии с которой фермеры намеренно отбирают и коллекционируют семена, получаемые от друзей, соседей или родственников повсюду и сажают их в собственных садах. Отбор семян производится в соответствии с четко определенными критериями по всему региону (таблица вставки 4.2).

Традиционные маршруты характеризуются высоким разнообразием культиваров на одну ферму, в подросте может содержаться до 30 разных культиваров, которые выращиваются в сложных составах. Как только культивар отбирается и интродуцируется, его обычно выращивают около дома или кухни, откуда ведутся наблюдения за урожаем корневых отростков за размерами грозди, пищевыми качествами, реакцией на вредителей и болезни и другими характеристиками до пересадки растения в подходящее место в саду для производства и сохранения. С другой стороны система характеризуется низким уровнем капиталовложений и малыми объемами производства. Обычно неочищенные корневые отростки собираются у соседей, родственников и друзей, следовательно, они переносят на себе вредителей и заболевания, передающиеся через почву. Система, по всей видимости, сохранилась в виде бартерной торговли, согласно которой материалами обмениваются без участия денег. Поэтому при любых попытках ее усовершенствования необходимо принимать во внимание тот факт, что фермеры традиционно не покупают посадочный материал для выращивания бананов.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 4.2. Процентное соотношение фермеров, использующих разные критерии при отборе посадочного материала.

Критерий	Танзания		Уганда	
	Чаника (Chanika)	Ибвера (Ibwera)	Масака (Masaka)	Бушений (Bushenyi)
Размер грозди	29	35	22	32
Вкусовые качества	26	17	18	18
Устойчивость к заболеваниям	10	16	21	12
Мощность растения	17	19	26	12
Способность к образованию черенков	8	0	2	4
Конкурентоспособность гроздей бананов	4	2	8	4
Засухоустойчивость	0	0	0	0
Крупные плоды	3	1	2	4
Мягкость после кулинарной обработки	1	2	1	0
Приспособляемость к почве	1	1	1	2
Продолжительность жизни растения	1	1	1	5

Источник: Karamura и Karamura (2004 г).

Таблица 4.2. Методы, которыми пользуются фермеры для размножения сортов таро на севере Вьетнама, 2002 г.

Метод Размножения	Культивар	Агроэкосистема	Модель распространения
Вторичный побег и корневой отросток	<i>Khoai lui</i>	Низменность	Широко распространённый
	<i>doc xanh</i>		
	<i>Chat chay hau</i>	Низменность, возвышенность	Широко распространённый
	<i>Mac phuoc mong</i>	возвышенность	Широко распространённый
	<i>Hau danh pe</i>	Возвышенность	Широко распространённый
	<i>Khoai mung tia</i>	Возвышенность	Широко распространённый
	<i>Mon tia</i>	Низменность, огород	Широко распространённый
Молодые корневые отростки	<i>Nuoc tia</i>	Влажный участок и вокруг колодца	Широко распространённый
	<i>Nuoc xanh</i>	Влажный участок и вокруг колодца	Широко распространённый
	<i>Khoai ngot</i>	Низменность, огород	Широко распространённый
	<i>Bac ha</i>	Огород, влажный участок	Ограниченное распространение
	<i>Tam dao xanh</i>	Возвышенность, Огород	Широко распространённый
	<i>Hau xi</i>	Огород, влажный участок	Широко распространённый
Столон (подземный побег)	<i>Man hua vai</i>	Возвышенность	Широко распространённый
	<i>Hau giang</i>	Возвышенность	Широко распространённый
	<i>Khoai doi</i>	Низменность	Широко распространённый
Клубень	<i>Kao pua</i>	Возвышенность	Ограниченное распростра- нение
	<i>Hau Danh chun</i>	Возвышенность	Широко распространённый
	<i>Mat qui</i>	Возвышенность	Широко распространённый
Глазок клубня	<i>Hau doang</i>	Возвышенность	Широко распространённый
	<i>Phuoc oi</i>	Возвышенность	Широко распространённый
Семена и корневые отростки	<i>Kay nha</i>	Огород и возвышенность	Широко распространённый

Вставка 4.3 Этнический статус, социальный статус, возрастные и половые различия в отношении отбора и хранения сортов

В некоторых регионах Буркина-Фасо, женщины, в соответствии с возрастом и социальным положением, равноправно принимают участие в отборе сортов культур в деревне и на соседствующих территориях. Женщины являются основными действующими лицами в переработке зерна для производства продуктов питания и фуража, таким образом, перерабатывая 95% урожая. Розничной продажей местных сортов занимаются почти полностью женщины, но как мужчины, так и женщины занимаются оптовой реализацией. Женщины, особенно в племени Бикса (Bixa) в Медеге (Médéga), **оказываются, играют важную роль в выборе сортов** для посадки сорго, проса африканского, арахиса и гороха коровьего.

Исследование возраста фермеров и отбора семян было проведено в Буркина-Фасо среди женщин (в возрасте 17–90 лет) и мужчин (в возрасте 23–79 лет). На уровне сел, женщины старше 50 лет занимаются селекцией и обеспечением сохранности семян (таблица вставки 4.3). Любая женщина, занимающаяся селекцией и сохранностью семян должна помнить о некоторых ритуалах в Буркина-Фасо; например, в день, когда семена заготавливаются и сохраняются, женщина-фермер не должна вступать в половые контакты за день до этого, и любая беременная или менструирующая женщина не должна притрагиваться к контейнерам с семенами, не должна притрагиваться к плодам индийского финика, к молоку, просу африканскому или толченому сорго. С целью гарантии качественного сохранения семян, отбор следует проводить в безлунное время. Подобные исследования в Марокко показали, что для отбора семян, у женщин было столько же знаний, сколько и у их мужей или отцов о разнице между местными и улучшенными сортами.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 4.3. Буркина-Фасо: Системы селекции управляются мужчинами и женщинами в соответствии с критериями для принятия решений, социально-экономическими интересами и ритуалами.

Культура	Лицо, принимающее решение	
	Мужчины	Женщины
Сорго	+++	++
Просо	+++	++
Горох коровий	+++	++
Арахис	+	+++
Картофель фграфра	+++	0
Окра	0	+++

+++ = высокий уровень принятия решений (всегда участие);

++ = средний уровень принятия решений (иногда участвует);

+ = низкий или слабый уровень принятия решений (участвует редко);

0 = не принимает решения (никогда не участвует).

Вставка 4.3 Продолжение

Колосья сорго, проса и початки кукурузы хранятся в зернохранилищах. Для защиты зерна от вредителей используются аборигенные растения, в том числе *Cissus quadrangularis*, *Sansevieria senegambica*, *Hyptis spicigera*, и *Cassia miguirans*. Растения в свежем виде перемалываются, перемешиваются с водой в зернохранилище до хранения зерна. Для защиты от вредителей также используются выжимки миндаля масляного дерева (ши). Кроме того, зерна смешиваются с золой и хранятся в кувшинах. Этот процесс осуществляется ранним утром или вечером без естественного источника света. Беременные или менструирующие женщины не принимают участие в этом процессе.

Источник: Madibaye Djimadoun, Fédération National des Groupements Naam.

СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ И КАТАСТРОФЫ

Экстремальные события, обусловленные окружающей средой, могут вызвать необычайно интенсивное давление на отбор генетического фонда культур. В Мексике в 2002 г., центральный штат Юкатан был разрушен ураганом, который сровнял с землей урожай маиса на пике периода созревания для местных видов с длинным циклом (они составляют примерно 80% от общего урожая маиса на Юкатане, который служит источником дохода). Хотя потери урожая были крупными, около 75% фермеров, возделывающих маис, смогли спасти, по крайней мере, небольшие количества семян возделываемого ими сорта *xmuk-nal*. Таким образом, они использовали растения в каждой популяции, которые были более продвинуты в отношении физиологического созревания во время урагана, что гарантировало полное развитие жизнеспособных семян. Фактически, ураган сыграл роль селекционной силы, теоретически передвинув среднее время созревания на более ранние сроки во многих популяциях маиса на Юкатане (для любой данной популяции на интенсивность отбора также влиял срок посева).

Ураган также перестроил популяции местных культур, о чем наиболее явно свидетельствуют бобы обыкновенные (*Phaseolus vulgaris* сорт *xkolibu'ul*) и фасоль лимская (*Phaseolus lunatus*). До 2002 г. ежегодные изучения в сообществе Яксаба выявили, что бобы обыкновенные выращиваются 66–70% фермеров, а фасоль лимская - 45–65% фермеров. В 2002 г. более 90% партии семян бобов обыкновенных и 83% партии семян фасоли лимской были потеряны фермерами из-за урона, нанесенного ураганом. Уцелевшие партии семян являлись лишь крупницами обычного запаса семян (т.е., горсть в сравнении с несколь-

кими килограммами). В 2003 году, доля фермеров вновь сеющих бобы обыкновенные и фасоль лимскую составляла всего 20% на каждую из категорий, причем многие из фермеров приобретали семена за пределами фермы, в частности посредством обмена или покупки у фермеров в других сообществах, где имелся запас семян бобовых. Совокупный результат всех вышеназванных сводился к значительному сокращению численности местных популяций бобов, причем, многие местные суб-популяции исчезли полностью и были замещены новым материалом из альтернативных источников, которые сами ранее были предметом фактора отбора и претерпели некоторые трансформации в собственных характеристиках.

В чрезвычайных ситуациях (засухи и наводнения) фермеры отправляются в другие села с похожими условиями окружающей среды, чтобы произвести обмен семенами или купить их. Местные рынки являются важным источником семян, особенно в чрезвычайных ситуациях, но часто самые бедные фермеры не могут позволить себе приобретение семян. Не во всех селах есть рынки, причем, фермеры в наиболее отдаленных районах вдали от рынков наиболее уязвимы в случае неблагоприятной продовольственной ситуации.

Такие крупные стихийные бедствия как ураганы и наводнения являются причиной значительных изменений в посадочном материале, а хронически неблагоприятная продовольственная ситуация может также привести к постоянным изменениям в материале, используемом фермерами. Садики и др. (2005) узнали, что фермеры в благоприятные годы полагались на собственные запасы конских бобов, а в плохие годы приобретали семена на местных рынках. В таких условиях, развитие различных местных популяций (генетический состав которых отражает местный отбор и перенос генов) поддерживаемое со стороны отдельных фермеров чередуется с замещением основной части запаса семян покупкой на местном рынке или в другом месте.

ТЕХНОЛОГИИ ОТБОРА СЕМЯН

При отборе для сортов на основе агроморфологических характеристик сохранение генетического разнообразия на ферме влияет на практику фермеров. Этапы отбора семян, влияющие на генетическое строение сортов со временем, включают отбор участков земли или сегмента поля до сбора урожая и отбор растений или частей растений (между и внутри плодов и соцветий) во время сбора урожая (Wright и др., 1994).

Ряд технологий был выявлен в отношении практики отбора маиса, который с большой вероятностью оказывает влияние на сохранение чистосортности

и генетического разнообразия внутри сортов, хотя точное генетическое воздействие зачастую неясно. Таким образом, Луэт и Смейл (2000) узнали, что традиционные технологии отбора мексиканских фермеров сохранили целостность характеристик початка, которые определяют сорта даже при наличии значительного переноса генов, вызванного перекрестным опылением между сортами.

Расчет времени, и последовательность отбора семян может варьироваться от фермера к фермеру даже в одном сообществе. В Яксабе, Юкатан, как и по всей Мексике, многие фермеры отбирают семена местных видов маиса каждый сезон в первую очередь на основе характеристик початка и зерновок, в том числе размер початка, состояние початка, однородность окраса зерна и размер зерновок. На Юкатане, процесс отбора происходит не за один раз, а разворачивается в несколько этапов, начиная со сбора урожая маиса в январе и заканчивая началом посева в конце мая. На начальном этапе отбора, когда фермеры отделяют початки высшего качества, многие фермеры хранят початки в листовой обертке и оценивают возможный семенной фонд по характеристикам початка, например, по размеру, весу, и листовой обертке. Из этого резерва нелущенных початков, некоторые фермеры непосредственно выбирают початки для заготовки семян, откладывая их в сторону, а остальная часть предназначена для конечного потребления. Однако другие фермеры хранят все початки высокого качества вместе, по мере необходимости используя этот запас, и отбирают початки для заготовки семян незадолго до посевного сезона. Характеристики зерна вступают в действие, когда початки очищают от листовой обертки и размалывают на зерна, что у фермеров занимает примерно день или два до начала посева. Однако, небольшое количество фермеров предпочитает очистить маис от обертки до хранения, что дает возможность того, что они принимают во внимание характеристики зерна на раннем этапе процесса отбора.

В некоторых случаях воздействие технологий фермеров менее ясно и остается предметом для размышлений. По всей Центральной Америке зерновки на обоих концах початка обычно не используются в качестве семян (Johannessen и др., 1970). Хотя разные части початка маиса могут и не отличаться с точки зрения генетического строения, конкуренция пыльцы и отбор в действительности происходит в маисе и ведет к различиям в генетическом строении семян, которые собирают в разных частях початка (Mulcahy и др., 1996).

В Непале, фермеры, выращивающие рис могут отбирать семена на уровне колоса или метелки (таблица 4.3; Rana, 2004). Время отбора может зависеть от внешнего вида органов размножения или вегетативных характеристик, если считается, что они имеют значение. Могут присутствовать также ритуальные

практики, которые ассоциируются с отбором семян или подготовкой семян перед посевом (Rana, 2004).

Количество семян, необходимых для посева, также важно. В Непале, количество семян необходимое для сортов, выращиваемых на больших территориях, было большим, а фермеры выбирали хорошие участки, отбраковывали нетипичные сорта, а затем собирали урожай на всем участке для заготовки семян (негативный отбор). Однако, что касается сортов, выращиваемых на небольшой площади, отбор лучших метелок (положительный отбор) был более распространен (рис. 4.3). Рана (2004) обнаружил, что фермеры с особым тщанием относятся к отбору семян сортов, выращиваемых на небольших площадях в религиозных и культурных целях, потому что «нечистые» комбинации непозволительны в качестве подношений Богу.

Хотя отбор семян играет важную роль во многих сельскохозяйственных ситуациях, он далеко не является повсеместным. Отбор семян риса с маргинальных и арендованных земельных участков в Непале производится нечасто, и только если у фермера нет другого выбора для заготовки семян, кроме того, отбор семян не всегда производится ежегодно или регулярно. В некоторых случаях фермеры выбирали семена только, когда популяции становились излишне засоренными нетипичными растениями или, когда у популяций появлялись проблемы с вредителями, стерильностью и полеганием (Rana, 2004).

В Буркина-Фасо, фермеры, возделывающие просо африканское, собирают семена с центра поля для сохранения «чистоты». Они собирают колоски проса или метелки сорго с ряда родительских растений, принимая во внимание однородность окраса зерна и раскрытия вторичных колосков. При таком способе отдается предпочтение качеству и энергии прорастания семян. Когда фермеры следуют данному методу на протяжении пяти и более лет (1997–2002), оказывается, что 20–48% домохозяйств добились повышения качества семян. В целом, было выявлено, что некоторые методы сбора семян используются во время сбора урожая, обмолота и сушки, а также до хранения и посева (Balma и др., 2005).

Таблица 4.3. Поддержание качества семян фермерами в ходе различных мероприятий, Каски, Непал, 2000 г.

Деятельность	Уборка урожая		Очистка		Сушка		Хранение		Сев	
	№	%*	№	%*	№	%*	№	%*	№	%*
Сев в том же месте	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4
Уборка урожая в то же время	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Не проводить уборку урожая по вторникам	4	6	—	—	—	—	—	—	—	—
Хранение вторичных побегов семян отдельно или удаление нетипичных вторичных побегов	5	8	3	4	1	2	10	17	1	2
Посадка различных сортов вместе	1	1	—	—	1	2	1	2	1	2
Удалить другие сорта с делянки (выпалывание сортовой примеси)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Очистка клубнелуковид и вторичных побегов	—	—	55	90	1	2	—	—	—	—
Сушка семян 2-4 дня	—	—	—	—	37	68	—	—	—	—
Хранение в сухом месте или <i>Khol</i> [†]	—	—	—	—	11	20	8	14	—	—

Таблица 4.3 Продолжение на следующей странице

Таблица 4.3. Продолжение

[illegible]

Хранение в <i>Mach</i> [†] или <i>Khol</i> [†]	—	—	—	—	—	—	13	13	—	—
Хранение вместе	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—
Посевная площадь зависит от потребностей	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Держать отдельно в парнике	—	—	—	—	—	—	2	3	—	—
Высаживать отдельно	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4
Клубни семян не высушены на прямом солнечном свете	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—
Итого	67	100	61	100	54	100	57	100	52	100

*Число обозначает процент.

[†]*Doko* = большая корзина из бамбука, используемая для переноски сыпучих материалов, таких как трава и корма; *Khol* = специальные сооружения, сделанные из небольших кусков дерева; *Mach* (*Machan*) = временное сооружение, сделанное из доступных материалов, находящихся на поверхности земли.

Этапы отбора семян риса

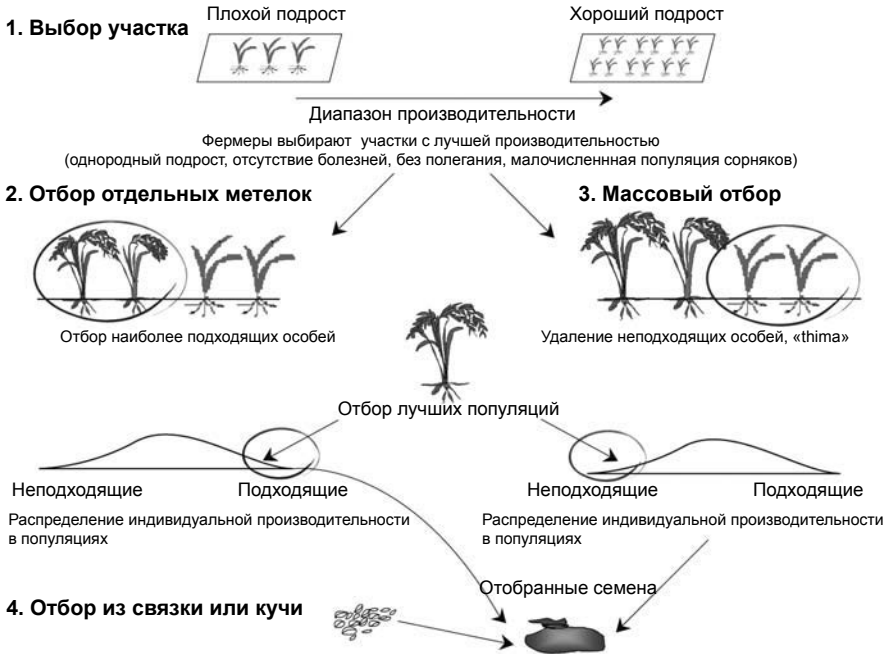


РИСУНОК 4.3. Процедура отбора семян риса, которую практикуют фермеры на опытных участках (Rana, 2004).

В противоположность этому, на севере Марокко фермеры обычно не хранят семена конских бобов отдельно от посадочного материала, а отбор производится во время посева. Таким образом, фермеры не прилагают особых усилий для поддержания жизнеспособности семян во время хранения.

ХРАНЕНИЕ И ОТБОР СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ФЕРМЫ

Воздействие отбора часто продолжается после сбора урожая. Устройства и методы хранения семян определяют восприимчивость семян к вредителям, болезням и физиологическому истощению, что влияет на количество и качество семян для следующего посевного сезона (Gepts, 1990). В добавление к обеспечению всхожести чистых семян, условия хранения семян могут также играть роль фактора отбора для партии семян. Семена лучше приспособившиеся к условиям хранения с большей вероятностью выживут до следующего посевного сезона, чем менее приспособившиеся семена, что теоретически со

временем влияет на генетическое разнообразие популяций культуры.

Во многих ситуациях семена, предназначенные для посева в следующем сезоне, хранятся таким же образом, как и семена для конечного потребления домохозяйствами. На Юкатане, условия хранения семян маиса для посева отличаются от условий хранения семян для конечного потребления, в основном, в неблагоприятные годы, когда у фермеров есть лишь небольшой запас початков с семенами высокого качества с собственного урожая. В такие годы, фермеры тщательно отбирают и откладывают початки с семенами и хранят в особых условиях, например, балки на кухне, где можно их окуривать дымом при приготовлении пищи на открытом огне (Yupit-Moo, 2002).

В отличие от этого, в случае с конскими бобами в Марокко для фермеров очень важно найти безопасное место или тары для хранения семян, чтобы свести к минимуму разрушение зерен после сбора урожая. В Перу, опрошенных фермеров попросили подсчитать долю потерь семян во время хранения за последние пять лет (Collado- Panduro и др., 2005). Самая большая зарегистрированная доля потерь маиса составляла 29,2%, 38%, и 17,6% в Шипибо (Shipibo), Ашанинко (Ashaninka) и домохозяйствах *mestizo* соответственно, которые сообщили о 75–100% потере семян (самый высокий процент, по крайней мере, единожды за пять лет). Среди причин были перечислены долгоносики (*Sitophilus* spp.) и моль (*Sitotroga cerealella*), которые в основном поражали местные виды маиса с полужесткими зёрнами (некоторые гибриды между кубинским желтым видом и видом Пиричинко (Piricincó)) и некоторые мягкие мучнистые зёрна (например, у вида Пиричинко). Твердые зёрна меньше всего подвержены порче. Фасоль тоже сильно подвержена порче. Например, 41,2%, 19,9%, и 16% в Ашанинка, Шипибо и домохозяйствах *mestizo* соответственно, что составляет более 75% хранившихся семян (самый высокий процент, как минимум, единожды за последние пять лет). Некоторые вредители в незначительной степени портят семена арахиса (3% домохозяйств). Каждое сообщество понесло значительные потери во время хранения семян. Таким образом, хранение семян – это уязвимое звено в системе заготовки семян и послеуборочного управления в сообществах.

На Юкатане, традиционные методы хранения маиса и фасоли более надежны, чем в Перу. Фермеры в Якскабе сообщили, что послеуборочные потери обычно малы, а Юпит-Моо (2002) сообщил, что жесткокрылые вредители повредили менее 20% початков местного вида маиса в течение более одного года хранения в листовой обертке в традиционных зернохранилищах. Это происходит благодаря соответствию окружающей среды, характеризующейся долгим сухим сезоном в регионе, и морфологической адаптации местных видов для хранения, в том числе продолговатая плотно прилегающая листовая

обвертка. Почти все фермеры на Юкатане жалуются на восприимчивость современных сортов к насекомым-вредителям при традиционных условиях хранения.

После посева отбор продолжается как результат определенных способов возделывания растений. Например, посев множества семян на одном участке, которые прореживаются после прорастания семян, и удаление нежелательных мужских цветущих растений. Однако генетическое воздействие этих методов мало изучено в рамках исследования, описанного здесь.

Как естественный отбор, так и фермерский отбор индивидуальных популяций местных сортов с большой вероятностью увеличивает различия между популяциями и партиями их семян. С течением времени, в результате того, что фермеры пользуются немного различающимися методами и материал, выращивается на разных полях, партии семян фермеров проявляют тенденцию к отклонениям от нормы в отношении многих отбираемых признаков. Однако дело обстоит иначе для ключевых свойств, характеризующих сорт. При наличии взаимопонимания о некоторых свойствах сорта (например, раннеспелость, вкусовые качества, окрас семян), фермеры отбирают их, таким образом, сохраняя их распространенность во всех популяциях.

Воздействие миграции или периодических покупок семян на рынках отрицательно для дивергенции местных популяций в результате отбора. Эти материалы вновь подвергаются селекции, в результате чего появляются новые местные популяции с более совершенной адаптацией к отдельным фермам и фермерам на любой территории.

Заключение

Фермерам нужны здоровые, жизнеспособные семена сорта, которые им необходимы в подходящее время (Weltzien и vom Brocke, 2000). Фермеры подыскивают типичные семена из надежных источников. Все же необходимо помнить, что критерии фермеров к типичным семенам могут в значительной степени различаться от критериев селекционеров, потому что фермеры уделяют внимание не агроморфологической однородности, а скорее другим характеристикам, которые удовлетворяют экономические, экологические и культурные потребности.

По мере изменения земледельческих систем посредством повышения эффективности, изменений под влиянием внешних условий или случайных событий, потребности фермеров в семенах также могут меняться. Одна из трудностей состоит в гарантировании того, чтобы посредством потока семян и

системы семеноводства обеспечивался материал на основе достаточно крупных популяций для адаптивного потенциала системы, который соответствует предпочтениям фермеров. Вторая проблема состоит в поддержке практики отбора, которая гарантирует качество, пригодность и разнообразие материала на основе предпочтений фермеров. Очевидна двоякая важность сохранения высоких уровней фенотипического и генетического разнообразия внутри систем семеноводства, при этом сохраняя отдельные сорта с целью обеспечения текущих и будущих нужд.

Хотя, несомненно, существуют разные и переменчивые комплексные методы, касающиеся сбора урожая, управления, обмена, использования семян других культур, генетическая важность этих методов с точки зрения чистоты и картины генетического разнообразия, выявленного в местных сортах менее четкая. При общем впечатлении динамичности систем, в которых дифференция популяций и обмен являются характерными чертами, невольно начинают считать сорта метапопуляциями (Zimmerer, 2003). Однако, у нас нет достаточно данных, чтобы подтвердить этот факт и, несомненно, следует провести дополнительные исследования с целью анализа модели разнообразия в традиционных земледельческих системах соответствующими способами. Такие исследования должны включать анализ, который поможет понять роль рынков как центров смешения популяций определенного сорта и способов, которыми обмен в общих чертах поддерживает миграцию новых или отличающихся генов. Нам также следует лучше понять степень, в которой отбор влияет на заметные изменения в разных популяциях сорта.

Один из подходов заключается в обращении к самым правдоподобным из имеющихся теоретических моделей популяционной генетики (например, «остров-континент», «каменный мостик», «изоляция расстоянием», «метапопуляция») и сравнение данных с ключевыми параметрами таких моделей (например, коэффициент миграции, размер местных популяций, вероятности вырождения на местном уровне). Второй подход заключается в создании компьютерной модели системы, которая предназначена для отслеживания сортового состава биомассы культуры на корню в сообществе и для симулирования его поведения во времени, с внесением колебаний (как позволяет предполагать наблюдение за изменчивостью в процессах) и периодических крупных сбоев. Процессы включают доли семян различных сортов из разных источников (из зернохранилищ фермеров, соседей, местных рынков, официального сектора) и их применение в разных целях (потребление, хранение, торговля, продажа). Такое моделирование полезно для расчета вероятности выживания исчезающих популяций диких растений (Young и др., 2000). Таким способом можно поставить цель оценки современных

тенденций и устойчивости систем семеноводства к внешним воздействиям и определения критических параметров для устойчивости разнообразия. Могут иметь место ситуации, в которых сети частично изолированных субпопуляций, управляемые фермерами, являются наиболее оптимальным решением в условиях существующей системы, но не будут подвергаться в такой степени сельскохозяйственной интенсификации. Такие результаты могут заблаговременно предупредить нас о необходимости позволить системам семеноводства сохранять за собой адаптивный потенциал.

Выражение признательности

Данная работа является результатом проекта «Укрепление научной базы *in-situ* сохранения сельскохозяйственного биоразнообразия в условиях фермы», осуществляемого при поддержке ИПГРИ. Авторы хотели бы выразить благодарность правительству Швейцарии (Агентство Швейцарии по Развитию и Сотрудничеству), Нидерландов (Главное Управление по Международному Развитию), Германии (Федеральное министерство по экономическому сотрудничеству / Германское агентство по техническому сотрудничеству), Канады (Международный Научно-Исследовательский Центр по Развитию), Японии (Агентство Японии по Международному Сотрудничеству), Испании и Перу за финансовое содействие.

Литература

- Almekinders, C. J. M., N. P. Louwaars, and G. H de Bruijn. 1994. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. *Euphytica* 78:207–216.
- Arbaoui, L. 2003. *Analyse des facteurs évolutifs de la diversité génétique de la fève (Vicia faba L.) in situ et leurs impacts sur son maintien et sa gestion à la ferme: Contribution au développement des bases scientifiques pour la conservation in situ de la fève au Maroc*. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie, Option: Amélioration Génétique des Plantes. Rabat, Morocco: iav Hassan ii.
- Badstue, L. B., M. Bellon, X. Juárez, I. Manuel, and A. M. Solano. 2002. *Social Relations and Seed Transactions Among Small-Scale Maize Farmers in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico: Preliminary Findings*. CIMMYT Economics Working Paper 02–02. Mexico City: cimmyt.
- Balma, D., T. J. Ouedraogo, and M. Sawadogo. 2005. On-farm seed systems and crop genetic diversity. In D. I. Jarvis, R. Sevilla-Panizo, J.-L. Chavez-Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On-Farm*, 48–53. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Baniya, B. K., A. Subedi, R. B. Rana, R. K. Tiwari, and P. Chaudhary. 2003. Finger millet seed supply system in Kaski district of Nepal. In *On-Farm Management of*
- Agricultural Biodiversity in Nepal*, 171–175. Proceedings of a national workshop, April 24–26, 2001, Lumle, Nepal. Kathmandu, Nepal: narc/li- bird/ipgri.

- Bellon, M. R. and J. Risopoulous. 2001. Small- scale farmers expand the benefits of improved maize germplasm: A case study from Chiapas, Mexico. *World Development* 29(5):799–811.
- Bond, D. A. and M. H. Poulsen. 1983. Pollination. In P. D. Hebblethwaite, ed., *The Faba Bean (Vicia faba L.)*, 77–101. London: Butterworths.
- Brown, A. H. D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. In S. B. Brush, ed., *Genes in the Field*, 29–48. Ottawa, Canada: idrc/ipgri/Lewis Publishers.
- Brush, S., R. Kesseli, R. Ortega, P. Cisneros, K. Zimmerer, and C. Quiros. 1995. Potato diversity in the Andean center of crop domestication. *Conservation Biology* 9:1189–1198.
- Castiñeiras, L., Z. Fundora, S. Pico, and E. Salinas. 2001a. Monitoring crop diversity in home gardens as a component in the national strategy of in situ conservation of plant genetic resources in Cuba, a pilot study. *Plant Genetic Resources Newsletter* 123:9–18.
- Castiñeiras, L., Z. Fundora Mayor, T. Shagardsky, V. Moreno, O. Barrios, L. Fernández, and R. Cristobal. 2001b. Contribution of home gardens to in situ conservation of plant genetic resources in farming systems: Cuban component. In J. W. Watson and P. B. Eyzaguirre, eds., *Contribution of Home Gardens to In Situ Conservation of Plant Genetic Resources in Farming Systems*. Proceedings of the Second International Home Gardens Workshop, July 17–19, 2001, Witztenhausen, Germany. Rome: ipgri.
- Chaudhary, P., D. Gauchan, R. B. Rana, B. R. Sthapit, and D. I. Jarvis. 2004. Potential loss of rice landraces from a Terai community in Nepal: A case study from Kachorwa, Bara. *Plant Genetic Resources Newsletter* 137:14–22.
- Clegg, M. T. and M. L. Durbin. 2000. Flower color variation: A model for the experimental study of evolution. In F. J. Ayala, W. M. Fitch, and M. T. Clegg, eds., *Variation and Evolution in Plants and Microorganisms: Towards a New Synthesis 50 Years After Stebbins*, 211–234. Washington, dc: National Academy of Sciences.
- Collado-Panduro, L., J. L. Chavez- Servia, A. Riesco, and R. Soto. 2005. Community systems of seed supply and storage in the central Amazon of Peru. In D. I. Jarvis, R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On-Farm*, 103–108. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Coomes, O. T. 2001. Crop diversity in indigenous farming systems of Amazonia: The role and dynamics of agricultural planting stock transfers among traditional farmers. In *Abstracts. International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems*, 27, November 8–10, 2001, Montreal, Canada.
- Dominguez, C. E. and R. B. Jones. 2005. The dynamics of local seed systems in Mozambique, and the roles played by women. In D. I. Jarvis, R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On- Farm*, 141–148. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Gaifani, A. 1992. Developing local seed production in Mozambique. In D. Cooper, R. Vellvé, and H. Hobbelinek, eds., *Growing Diversity*, 97–105. London: Intermediate Technology Publications.
- Gepts, P. 1990. Genetic diversity of seed storage proteins in plants. In A. H. D. Brown, M. T. Clegg, A. L. Kakler, and B. S. Weir, eds., *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources*, 64–82. Sunderland, ma: Sinauer Associates.
- Gepts, P. and R. Papa. 2003. Possible effects of (trans) gene flow from crops on the genetic diversity from landraces and wild relatives. *Environmental Biosafety Research* 2:89–103.
- Ghaouti, L. 2003. *Analyse de la diversité génétique de la fève in situ et étude des mécanismes de sa maintenance à la ferme: Contribution au développement des bases scientifiques pour la conservation in situ de la fève au Maroc*. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie, Option: Amélioration Génétique des Plantes. Rabat, Morocco: iav Hassan ii.
- Gillespie, J. H. 1998. *Population Genetics: A Concise Guide*. Baltimore, md: John Hopkins University Press.
- Granovetter, M. 1973. The strength of weakties. *American Journal of Sociology* 78:136 0–138 0.

- Hardon, J. and W. de Boef. 1993. Linking farmers and breeders in local crop development. In W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard, and A. Bebbington, eds., *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research*, 64–71. London: Intermediate Technology Publications.
- Jarvis, D. I. and T. Hodgkin. 2000. Farmer decision making and genetic diversity: Linking multidisciplinary research to implementation on-farm. In S. B. Brush, ed., *Genes in the Field*, 261–279. Ottawa, Canada: idrc/ipgri/Lewis Publishers.
- Jarvis, D. I., R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds. 2005. *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On-Farm*. Proceedings of a Workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Johannessen, C. L., M. R. Wilson, and W. A. Davenport. 1970. The domestication of maize: Process or event? *Geographical Review* 60(3):393–413.
- Kabore, O. 2000. Burkina Faso: ppb, seed networks and grassroot strengthening. In D. I. Jarvis, B. Sthapit, and L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 192–193. Rome: ipgri.
- Karamura, D. and E. B. Karamura. 2004. *Implications of chimerism in the East African highland bananas*. Unpublished manuscript.
- Karamura, E. B., D. A. Karamura, and C. A. Eledu. 2005. Banana and plantain seed systems in the Great Lakes region of East Africa: A case for a clonal seed system. In D. I. Jarvis, R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On- Farm*, 76–80. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Lope, D. 2004. *Gender Relations as a Basis for Varietal Selection in Production Spaces in Yucatan, Mexico*. MS thesis, Wageningen University.
- Louette, D. 2005. Management of maize varieties in a traditional agricultural system of Mexico. In D. I. Jarvis, R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On- Farm*, 95–102. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Louette, D., A. Charrier, and J. Berthaud. 1997. In situ conservation of maize in Mexico: Genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20–38.
- Louette, D. and M. Smale. 2000. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113:25–41.
- Mar, I., A. Gyovai, G. Bela, and L. Holly. 2005. Multilevel seed movement across producers, consumers and key market actors: Seed marketing, exchange and seed regulatory framework in Hungary. In D. I. Jarvis, R. Sevilla- Panizo, J.- L. Chavez- Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On-Farm*, 54–59. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Maruyama, T. and M. Kimura. 1980. Genetic variability and effective population size when local extinction and recolonization of subpopulations are frequent. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 77:6710–6714.
- McArthur, R. H. and E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, nj: Princeton University Press.
- McGuire, S. 2001. Analyzing farmers' seed systems: some conceptual components. In L. Sperling, ed., *Targeting Seed Aid and Seed System Interventions: Strengthening Small Farmer Seed Systems in East and Central Africa*. Proceedings of a workshop, June 21–24, 2000, Kampala, Uganda. Kampala: ciat.
- Mellas, H. 2000. Morocco. Seed supply systems: Data collection and analysis. In D. I. Jarvis, B. Sthapit, and L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 155–156. Rome: ipgri.
- Mulcahy, D. L., M. Sari- Gorla, and G. B. Mulcahy. 1996. Pollen- selection: Past, present and future. *Sexual Plant Reproduction* 9:353–356.
- Ortega- Paczka, R., L. Dzib- Aguilar, L. Arias- Reyes, V. Cob- Vicab, J. Canul- Ku, and L. A. Burgos. 2000. Mexico. Seed supply systems: Data collection and analysis. In D. I. Jarvis, B. Sthapit, and

- L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 152–154. Rome: ipgri.
- Perales, H. 1998. *Conservation and Evolution of Maize in the Valleys of Ameca-meca and Cuautla, Mexico*. Unpublished PhD dissertation, University of California, Davis. University Microfilms, Ann Arbor, Michigan.
- Pickersgill, B. and D. Karamura. 1999. Issues and options in the classification of cultivated bananas, with particular reference to the East African Highland bananas. In S. Andrews, A. C. Leslie, and C. Alexander, eds., *Taxonomy of Cultivated Plants, Third International Symposium*, 159–167. Kew, uk: Royal Botanic Gardens.
- Qualset, C. O., A. B. Damania, A. C. A. Zanatta, and S. B. Brush. 1997. Locally based crop plant conservation. In N. Maxted, B. V. Ford-Lloyd, and J. G. Hawkes, eds., *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach*. London: Chapman and Hall.
- Quist, D. and L. Chapela. 2001. Transgenic dna introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature (London)* 414:541–543.
- Rana, R. B. 2004. *Influence of Socio-Economic and Cultural Factors on Agrobiodiversity Conservation On-Farm in Nepal*. PhD thesis, Reading University.
- Richards, P. 1989. Farmers also experiment: A neglected intellectual resource in African science. *Discovery and Innovation* 1(1):19–25.
- Richards, P. and G. Ruivenkamp. 1997. *Seeds and Survival: Crop Genetic Resources in War and Reconstruction in Africa*. Rome: ipgri.
- Riesco, A. 2002. *Annual Report for the Project, "Strengthening the Scientific Basis of In Situ Conservation of Agricultural Biodiversity": Peru Country Component*. Rome: ipgri.
- Sadiki, M., M. Arbaoui, L. Ghaouti, and D. Jarvis. 2005. Seed exchange and supply systems and on-farm maintenance of crop genetic diversity: A case study of faba bean in Morocco. In D. I. Jarvis, R. Sevilla-Panizo, J.-L. Chavez-Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On-Farm*, 81–86. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Sperling, L., ed. 2001. *Targeting Seed Aid and Seed System Interventions: Strengthening Small Farmer Seed Systems in East and Central Africa*, 9–13. Proceedings of a workshop, June 21–24, 2000, Kampala, Uganda. Kampala: ciat.
- Subedi, A., P. Chaudhary, B. Baniya, R. Rana, R. K. Tiwari, D. Rijal, D. I. Jarvis, and B. R. Sthapit. 2003. Who maintains genetic diversity and how? Policy implications for agrobiodiversity management. In D. Gauchan, B. R. Sthapit, and D. I. Jarvis, eds., *Agrobiodiversity Conservation On-Farm: Nepal's Contribution to a Scientific Basis for Policy Recommendations*. Rome: ipgri.
- Subedi, A. and C. Garforth. 1996. Gender information and communication networks: Implications for extension. *European Journal of Agricultural Education and Extension* 3(2):63–74.
- Tripp, R. 2001. *Seed Provision and Agricultural Development*. London: Overseas Development Institute.
- Upadhyaya, M. P. 1996. Rice research in Nepal: Current state and future priorities. In R. E. Evenson, R. W. Herdt, and M. Hossain, eds., *Rice Research in Asia: Progress and Priorities*, 193–215. Wallingford, uk: cab International.
- Valdivia, R. F. 2005. The use and distribution of seeds in areas of traditional agriculture. In D. I. Jarvis, R. Sevilla-Panizo, J.-L. Chavez-Servia, and T. Hodgkin, eds., *Seed Systems and Crop Genetic Diversity On-Farm*, 17–21. Proceedings of a workshop, September 16–20, 2003, Pucallpa, Peru. Rome: ipgri.
- Wang, J. and A. Caballero. 1999. Developments in predicting the effective size of subdivided populations. *Heredity* 82:212–226.
- Watson, J. W. and P. B. Eyzaguirre, eds. 2002. *Home Gardens and In Situ Conservation of Plant Genetic Resources in Farming Systems*. Proceedings of the Second International Home Gardens Workshop, July 17–19, 2001, Witzenhausen, Germany. Rome: ipgri.
- Weltzien, E. and K. vom Brocke. 2000. Seed systems and their potential for innovation: Conceptual

- framework for analysis. In L. Sperling, ed., *Targeting Seed Aid and Seed System Interventions: Strengthening Small Farmer Seed Systems in East and Central Africa*, 9–13. Proceedings of a workshop, June 21–24, 2000, Kampala, Uganda. Kampala: ciat.
- Whitlock, M. C. 2003. Fixation probabilities and time in subdivided populations. *Genetics* 164:767–779.
- Wright, M., T. Donaldson, E. Cromwell, and J. New. 1994. The retention and care of seeds by small- scale farmers. *NRI Report R2103*.
- Yadav, R. B., P. Chaudhary, S. P. Khatiwada, J. Bajrachara, R. K. Yadav, M. P. Upad-haya, B. R. Sthapit, A. Gautam, and B. K. Joshi. 2003. Agro- morphological diversity of sponge gourd (*Luffa cylindric* a L.) in Bara, Nepal. In *On-Farm Management of Agricultural Biodiversity in Nepal*, 42–47. Proceedings of national workshop, April 24–26, 2001, Lumle, Nepal. Kathmandu, Nepal: narc/li- bird/ipgri.
- Young, A. G., A. H. D. Brown, B. G. Murray, P. H. Thrall, and C. H. Millar. 2000. Genetic erosion, restricted mating and reduced viability in fragmented populations of the endangered grassland herb: *Rutidosis leptorrhynchoides*. In A. Young and G. Clarke, eds., *Genetics, Demography and Viability of Fragmented Populations*, 335–359. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yupit-Moo, E. 2002. *Seed Storage Systems of Milpa Crops in Yaxcaba, Yucatan*. Unpublished BS thesis, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, Yucatán, Mexico.
- Zangre, R. 1998. Selection by farmers of agromorphological character and genetic diversity: Methodologies for data collecting and analysis in Burkina Faso. In D. I. Jarvis and T. Hodgkin, eds., *Strengthening the Scientific Basis of In Situ Conservation of Agricultural Biodiversity on- Farm. Options for Data Collecting and Analysis*. Proceedings of a workshop to develop tools and procedures for in situ conservation on- farm, August 25–29, 1997, Rome, Italy. Rome: ipgri.
- Zimmerer, K. S. 1996. *Changing Fortunes: Biodiversity and Peasant Livelihood in the Peruvian Andes*. Los Angeles: University of California Press.
- Zimmerer, K. 2003. Geographies of seed networks and approaches to agrobiodiversity conservation. *Society & Natural Resources* 16:583–601.
- Zimmerer, K. S. and D. S. Douches. 1991. Geo graphical approaches to native crop research and conservation: The partitioning of allelic diversity in Andean potatoes. *Economic Botany* 45:176–189.

ДЖ.П. ГИБСОН, У. АЙАЛЬЮ И О. ХАНОТТЕ

Картирование генетического разнообразия крупного рогатого скота

Было выведено более 6379 племенных популяций около 30 видов крупного рогатого скота за 12000 лет, с тех пор как впервые были одомашнены виды скота (Scherf, 2000). У племенных поголовий развились способы адаптации, которые позволяют вести животноводство в разных условиях, в том числе наиболее трудных естественных условиях, населенных людьми. Эти естественно развившиеся генетические характеристики представляют собой согласованный резерв рациональных решений для достижения устойчивости к заболеваниям, выживаемости и эффективного производства, которые были упущены из вида в погоне за технологическими и управленческими решениями индивидуальных проблем животноводческого производства в системах с низким уровнем вложений. Примерно 35% племенного поголовья млекопитающих и 63% птичьего племенного поголовья находятся под угрозой исчезновения и одна порода исчезает каждую неделю.¹ Хотя точных документальных доказательств этому нет, угроза генетическим ресурсам крупного рогатого скота в развивающихся странах растет быстрыми темпами, причиной чего являются в первую очередь резкие изменения в производственных системах и широкое применение кроссбридинга. Такие возникающие угрозы как внедрение стратегии выбраковки для предотвращения коммерчески значимых заболеваний скота, например, ящура и болезней, передаваемых от животного человеку (зоонозов), таких как бычья губкообразная энцефалопатия, птичий грипп, может привести к исчезновению пород в развитых и развивающихся странах мира.

Эффективное сохранение генетических ресурсов крупного рогатого скота, *in situ* или *ex situ*, требует мобилизации значительных социальных и экономических ресурсов в течение длительных периодов времени. Такие ресурсы обычно доступны в развитых странах мира, где во многих странах уже ведется эффективная работа по сохранению высокого процента редких пород крупного рогатого скота. Однако, генетическое разнообразие крупного рогатого скота преобладает в развивающихся странах, где ресурсы для их сохранения практи-

чески отсутствуют. Поэтому с большой вероятностью можно сказать, что потребуется принять сложное решение о том, что следует сохранить в условиях ограниченности ресурсов.

Информация о генетическом разнообразии полезна для оптимизации, как сохранения, так и для внедрения стратегий для сельскохозяйственных генетических ресурсов. В идеальном случае, хотелось бы убедиться в том, что вся существующая генетическая изменчивость останется для перспективного использования и сделать это наиболее экономично. В реальности ресурсов всегда будет недостаточно для сохранения генетического разнообразия определенного вида в полной мере. Даже там, где ресурсов достаточно, нет исчерпывающих данных обо всей функциональной генетической изменчивости внутри вида. Таким образом, достижение 100% сохранения функциональной изменчивости влечет за собой неэффективный процесс сохранения отдельных особей или популяций (например, род, породы, образцы), больше, чем это необходимо, если бы имелась полная информация. Можно использовать разные меры для получения косвенных оценочных данных по функциональному генетическому разнообразию. Фенотипическая характеристика позволяет получить очень приблизительную оценку средних функциональных вариантов, имеющих у отдельной особи или в популяции. Но многие фенотипы большинства видов сельскохозяйственных культур, животных и рыб не были зарегистрированы. В отсутствии достоверных фенотипических данных, самым быстрым и экономичным способом измерить генетическое разнообразие является проба полиморфизма анонимных молекулярных маркеров. Важный вопрос – это как оценочные данные по молекулярному генетическому разнообразию можно использовать для улучшения процесса принятия решений по сохранению и использованию генетических ресурсов.

В данной главе сделан обзор разных способов измерения фенотипического и генетического разнообразия и виды их использования для получения информации с целью принятия решений о сохранении разнообразия в развитых странах мира. Здесь приведены примеры, касающиеся сохранения крупного рогатого скота, которые также могут иметь применение для других видов в сельском хозяйстве. В данной работе не дается описание применения информации о молекулярном генетическом разнообразии для оптимизации пользы генетического разнообразия, но Гибсон (2003) обобщает здесь одну возможную стратегию.

Определение фенотипических характеристик как способ измерения генетического разнообразия крупного рогатого скота

Предыстория

Подсчет и определение фенотипических характеристик биологического разнообразия крупного рогатого скота – это первые этапы для планирования устойчивых программ управления. Практика документирования физических и продуктивных характеристик пород скота широко распространилась примерно 150 лет назад в странах с высокоразвитой экономикой, и с тех пор продолжалась, что в результате привело к накоплению обширной научной литературы по теме. Экономические интересы были движущей силой для документирования, которое позволяло выявлять и совершенствовать наиболее продуктивные генотипы между породами и внутри них. Записи велись в основном в странах с наиболее развитой экономикой, где преобладали коммерчески доминирующие породы. Однако в более обобщенном смысле уровень осведомленности о потребности в систематическом определении фенотипических характеристик биологического разнообразия повышается, в частности со времени проведения Конференции Объединенных Наций о Среде Обитания Человека в 1972 г. (ФАО, 1984; Cunningham, 1992; Swaminathan, 1992) и вступления в силу Конвенции по Биологическому Разнообразию (КБР) в 1993 г. Хотя тема данной работы и не была первостепенной на повестке дня, когда подписывалась КБР,² страны-участницы косвенно признали важность рационального управления генетическими ресурсами скота своими подписями, таким образом, КБР значительно повысила уровень диспутов об устойчивом управлении генетическими ресурсами скота за последнее десятилетие.

Хотя генетические ресурсы крупного рогатого скота были частью программы Организации по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО) с момента создания данной организации, был использован новый подход в 1980-х после Технической Консультации ФАО в Риме и Консультации Экспертов ФАО/Программы Организации Объединённых Наций по окружающей среде (ЮНЕП) в 1980 г., что привело к инициации совместной глобальной программы ФАО и ЮНЕП по генетическим ресурсам крупного рогатого скота в 1982 г. и ее реализации до 1990 г. Обзор данной программы в 1989 г. заложил основу Глобальной стратегии по управлению генетическими ресурсами животных (ГРЖ), которая была разработана и внедрялась, начиная с 1993 г. на глобальном и региональном уровнях для обеспечения комплексной основы для управления генетическими ресурсами сельскохозяйственных животных. Важным компонентом технической программы работы в рамках данной стратегии является

определение характеристики генетических ресурсов животных и документирование информации и распространения данной информации через широко и легко доступную глобальную систему данных и информации (ФАО, 1999).

Для чего нужно определение характеристик?

Определение фенотипических характеристик проводится для измерения разнообразия между отдельными породами или популяциями для того, чтобы понять степень, распространенность, базовые характеристики, сравнительную функциональность, общепользовательная ценность и фактический статус пород или отдельных популяций внутри пород. Неотъемлемые меры – это идентификация и инвентаризация разных пород, подробное описание естественных и адаптированных ареалов, документирование фенотипических характеристик. Основная мотивация для определения характеристики заключается в предоставлении информации для правильного применения для поддержания средств существования (Cunningham, 1992). Следовательно, в целом информация применяется для продуктивных и адаптивных свойств породы. В сочетании с точной информацией по статусу и распространенности, такая информация может дать исходную информацию для определения приоритетов управления зоогенетическими ресурсами для страны, региона и всего мира (ФАО, 1984, 1999; Rege, 1992). Как обсуждалось в данной главе, легко делать такие утверждения, однако сложно применить их на практике.

Сущность характеристики

Наиболее распространенные описания характеристик породы основываются на фенотипе. Фенотип данной породы определяется средним генотипом, на котором он основывается, и средой обитания, в которой выращиваются животные и ведутся записи. Уровень продуктивности обычно в значительной степени зависит от среды обитания, в которой выращиваются животные. Хотя на некоторые признаки, касающиеся внешности, такие как окрас и размер рогов среда обитания влияет мало и они редко отличаются у животных одной породы, на многие продуктивные признаки в большой степени влияет среда, что проявляется как существенная изменчивость между животными одной породы. Следовательно, необходимо вести записи о многих животных, содержащихся в четко определенной среде обитания, чтобы получить точные и четко определенные оценочные данные о фенотипах породы.

Были разработаны и зарегистрированы рекомендации о методах комплексной характеристики в составе глобальной стратегии управления генетическими ресурсами животных (ФАО, 1984; Hodges, 1987, 1992). Были опубликованы исчерпывающие перечни переменных для описания фенотипических и генетических характеристик (перечни идентификаторов) генетических ресурсов животных (ФАО, 1986a, 1986b, 1986c). Такое описание характеристики включает описание производственной среды в отношении входных и выходных параметров, в том числе биологических, климатических, экономических, культурных аспектов (ФАО, 1984, 1986b, 1999).

На практике экологические факторы, влияющие на фенотипы животных настолько сложны, что при помощи ни одного из идентификаторов, предложенных разными уполномоченными органами, невозможно с достаточной точностью определить велись ли записи, сделанные о двух или более породах в разных местах и в разное время, в достаточно схожих условиях, чтобы позволить достоверное сравнение их фенотипов. Достоверное, с научной точки зрения, сравнение между породами может явиться результатом в условиях ограниченности. Первый вид сравнения имеет место при регистрировании двух или более пород в одной и той же местности при идентичном управлении. Второй вид – это косвенный подход, при котором регистрация разных пород осуществляется в разных местах или в разное время, а связать их можно, используя данные о распространенных породах. Воздействие разных сред обитания можно откорректировать при помощи разницы в фенотипах пород, которые часто встречаются в разных средах обитания. Такие исследования редко проводятся специально, но такие данные возникают естественно, когда предпринимается множество независимых попыток в разных странах или в разное время. Рафседж и др. (2001) исследовали возможность косвенного сравнения между породами крупного рогатого скота при помощи анализа данных, полученных из многих опубликованных экспериментов в развитых странах мира. Они пришли к заключению о том, что их мета-анализ опубликованных данных позволил получить намного больше ценной информации, чем обобщение массивов данных об экспериментах, проведенных автономно. Такой мета-анализ технически достоверен только, когда во внимание не принимаются взаимодействия среды обитания и генотипа. Однако такое допущение не обеспечивает достоверность, в случае, когда данные охватывают широкий спектр сред обитания и генотипов, в других отношениях, для получения очень приближенных данных, допущение имеет смысл. В настоящее время сложность заключается в том, что в развивающихся странах, где имеются такие данные, доступ к ним затруднен. Преодоление данного препятствия было бы ценным достижением комплексных систем информации по генетическим ресурсам скота. Однако

тот факт, что многие важные признаки, касающиеся пожизненной продуктивности в неблагоприятных условиях типичные для систем животноводства в развивающихся странах мира очень сложно зарегистрировать, а чаще всего их не регистрируют, будет оставаться проблемой. В целом, хотя много ценной информации можно еще извлечь и использовать для многих пород, в отношении большинства пород есть очень мало информации по их фенотипам в отношении свойств, имеющих экономическое значение (см. главу 17).

Многие решения по сохранению или использованию соответствующей гермоплазмы влекут за собой уничтожение большинства альтернативных вариантов, сокращая количество кандидатов для действий до нескольких пород, которые соответствуют требованиям и имеются в наличии. В таких случаях, значительное число вариантов может быть исключено благополучно на основе общих фенотипических различий. При отсутствии данных о фенотипах, их также можно исключить благополучно на основе низкой вероятности того, что у них имеются желаемые характеристики, по оценке их распространенности и использования в настоящее время. Например, в случае породы, появившейся за пределами региона, в котором определенное заболевание является эндемичным, маловероятно то, что она будет обладать устойчивостью к данной болезни (ситуация может быть другой в отношении сельскохозяйственных культур; см. главу 11). Аналогично породы, получившие развитие во влажном и умеренном климате с большой долей вероятности не смогут хорошо приспособиться к сухим и склонным к засухам условиям тропической саванны. Таким образом, даже частичная и неточная информация о фенотипе в сочетании с информацией об аборигенной распространенности и распространенности использования в настоящее время представляют собой ценные сведения для принятия решений. Принятие решений на основе сведений было бы намного эффективнее при возможности связать существующую информацию о признаках породы с общедоступными базами данных картирования на базе географических информационных систем (ГИС), отображающих среды обитания с физическими трудностями и болезнями, в которых породы появились и используются в настоящее время.

В поисках признаков породы, часто пренебрегают знаниями животноводов, работающих как согласно традиционным, так и современным методам. Животноводы в целом хорошо понимают касающиеся их стада вопросы. Часто не хватает основы для сравнения с другими стадами. В сочетании со сложностями преобразования терминов, которыми пользуются животноводы в количественно измеримые величины, такие знания сложно документировать правильно и часто могут быть слишком обобщенного характера, что не подходит для использования. Так, например, заявления животноводов о том, что

их поголовье скота в целом устойчиво к заболеваниям не представляют особой ценности. В противоположность этому, наблюдения животноводов о том, что их поголовье скота устойчиво (или подвержено) к определенным эндемическим или эпидемическим заболеваниям, зачастую имеют под собой фактическую основу, в частности там, где у них была возможность вести наблюдения за функционированием других пород в случае такого заболевания.

Документация глобального разнообразия

Хотя информация о большинстве пород в развивающихся странах ограничена и зачастую плохого качества и кроме того, собиралась несистематично, по многим породам было собрано удивительное количество информации за последние 100 или более лет. Большая часть данной информации была опубликована до повсеместного внедрения электронных носителей, или появлялась во внеиздательской литературе правительства или изданиях организаций или национальных или региональных журналах, которые труднодоступны за пределами страны или региона. Такую информацию очень сложно обнаружить и найти при стандартном поиске литературных источников. Деятельность, направленная на объединение всей данной информации и расширение к ней доступа мирового сообщества, имеет огромную потенциальную ценность.

Первая попытка документирования биологического разнообразия скота в глобальном масштабе была сделана в работе Мейсона (1988). В данной книге даны названия пород, синонимы, местонахождение пород, а также дается краткое описание происхождения, внешнего вида и основных предназначений каждой породы. В книге не дается оценочных данных о размерах популяций (за исключением случайных упоминаний о статусе известных пород и динамике их популяций) или производственных характеристиках описанных пород.

Еще один крупный вклад, хотя только по одному виду животных, - это *Cattle Breeds: An Encyclopedia (Породы крупного рогатого скота: Энциклопедия)* (Felius, 1995), в которой дается краткое описание более 1000 пород крупного рогатого скота. В книге представлен синтез происхождения, распространенности, развития и вероятных связей между породами, краткое описание стандартного внешнего вида и размеров каждой породы, а также некоторые оценочные данные о величине популяций. Отсутствует информация о функциональности, способности к адаптации и устойчивости к болезням.

В отдельных странах или регионах имеется большое количество литературных источников о сравнении пород и сборники отчетов о породах определенных видов. Эти исследования часто представляют собой комплексные све-

дения об определенных породах, которые можно использовать как исходные данные для разработки реалистичных программ развития животноводства в соответствующих странах или регионах. Польза такой информации зависит от того, насколько эффективно она архивировалась и предоставлялась соответствующим заинтересованным лицам, а большую часть данной литературы сложно обнаружить и получить. В сочетании с тем фактом, что объем литературы быстро растет, необходимо собрать информацию в одном легко доступном для всех месте. Естественным решением является разработка электронной базы данных и информационных систем, которые обеспечивают доступ к информации по всему миру.

Идея создания региональных банков данных по генетическим ресурсам животных для развивающихся стран появилась на встрече Объединенной Группы Экспертов ФАО/ЮНЕП по сохранению и управлению генетическими ресурсами животных в Риме в октябре 1983 г. (ФАО, 1984). Приблизительно 70% общего биологического разнообразия домашнего скота находятся в руках мелких фермеров, которые в целом не разделяют общую заинтересованность в поддержании биологического разнообразия домашнего скота.

Кроме того, развивающиеся страны в основном не имеют потенциала, чтобы реагировать адекватно и эффективно на растущий уровень потери генетического разнообразия. Нехватка точной информации по разнообразию и состоянию существующих зоогенетических ресурсов в условиях фермы, как полагают, способствует текущим угрозам разнообразию домашнего скота.

Современное состояние и перспективные потребности глобально доступных информационных систем

В настоящее время есть несколько глобально доступных электронных информационных систем всеобщего пользования по биологическому разнообразию домашнего скота. Краткий обзор происхождения и содержание этих информационных систем представлены во вставке 5.1.

Существующие информационные системы предназначены для множества различных целей. Все вместе, они содержат большой объем информации. Но все же они далеко не соответствуют тому, что необходимо и возможно для эффективного процесса принятия решения для сохранения и использования. На сегодняшний день, в любой из информационных систем есть только малая толика доступной информации по большинству пород множества видов, а их функциональность ограничивается простым поиском по стране или породе. Информационные системы следующих поколений будут предназначены для

сбора высокого соотношения исторической и современной информации, касающейся пород домашнего скота и классификации данных таким образом, чтобы пользователи смогли судить о ценности каждого информационного элемента. Функциональность информационных систем должна быть значительно увеличена, чтобы дать возможность отбора и специализированного анализа фенотипов и молекулярных генетических данных в пределах и между источниками данных. Можно надеяться, что масштаб сбора данных может быть расширен, чтобы увязать информацию о породах с топографией сред обитания и производственных систем на основе ГИС-технологий оборудования, что позволило бы прогнозировать, на основе распространенности и использованию пород в прошлом и настоящем, такие недостаточно документированные характеристики как устойчивость к болезням и адаптационные свойства. Это очень важные и вполне достижимые функции, в которых существует острая необходимость, если у исследователей, высших должностных лиц, принимающих решения, и советников фермеров должна быть информация, необходимая для разработки рекомендаций и принятия соответствующих решений по сохранению и использованию генетических ресурсов домашнего скота.

Вставка 5.1 Глобально доступные информационные системы по генетическим ресурсам домашнего скота

Глобальный Банк Данных ФАО по Генетическим Ресурсам животных был внедрен в 1987 г., когда ФАО в сотрудничестве с Европейской ассоциацией по животноводству разработала электронный информационный ресурс описательных данных по всем общепризнанным породам и разновидностям домашнего скота по всему миру. Руководство банком данных осуществляется с двух центров: Первый базируется в Ганновере, Германия, который обслуживают всю Европу, а второй базируется в Риме, Италия, который обслуживает остальные страны мира. ФАО координирует ввод данных, причем данные ответственными представителями стран (ФАО, 1999).

Глобальный Банк Данных используется для ведения инвентаризации пород и мониторинга деятельности по сохранению генетических ресурсов домашнего скота в рамках глобальной системы раннего предупреждения в отношении разнообразия домашних животных. На сегодняшний день, она содержит информацию по 14000 популяциям пород по 35 млекопитающим и птичьим видам животных. Реестр Глобального Мониторинга по Разнообразию Домашних Животных (РГМ – РДЖ – 3) основывается на информации из глобального банка данных в 1999 г. (Scherf, 2000).

Вставка 5.1 продолжение на следующей странице

Вставка 5.1 продолжение.

РДЖ-ИС

РДЖ-ИС (www.fao.org/dad-is) – это первая глобально доступная база данных по генетическим ресурсам животных, разработанная ФАО. Она была создана как основной инструмент для коммуникации и информирования с целью внедрения Глобальной Стратегии по Управлению Генетическими Ресурсами Сельскохозяйственных Животных, в первую очередь, чтобы помочь странам и объединениям стран в осуществлении соответствующих программ по странам (ФАО, 1999). Помимо информации по породам на уровне стран, РДЖ-ИС представляет собой виртуальную библиотеку отдельных технических и стратегических документов, в том числе инструменты и руководства для проведения исследований по генетическим ресурсам животных. В РДЖ-ИС также представлены важные ссылки на **Web-страницы с соответствующими электронными информационными ресурсами** и представляет собой платформу для обмена мнениями и рассмотрения специализированной информационной запросов, связывая широкий круг заинтересованных сторон: фермеры, ученые, исследователи, реализаторы программ развития и лица, принимающие решения.

РДЖ-ИС резюмирует информацию по породам (по разновидностям) относительно их происхождения, популяции, подверженности риску, особые характеристики, морфологии и функциональности пород в соответствии с информацией, представленной странами членами ФАО. На сегодняшний день в базе данных перечислены 5300 пород 35 видов из 180 стран. Ключевым признаком РДЖ-ИС является то, что она представляет собой инструмент для безопасного хранения и коммуникации для стран, причем каждая страна решает, когда и какая информация будет выпущена официально назначенным должностным лицом. Характер информации означает, что она имеет ограниченную ценность для внешних пользователей. Небольшое количество информации предоставлено по множеству пород во многих странах, а пользователи не могут дать оценку происхождению, контексту или точности представленной информации, поэтому целесообразное сравнение между породами и странами фактически не возможно.

Европейская Информационная Система по Сельскохозяйственным Животным

Эта база данных (www.tiho-hannover.de/einricht/zucht/eaap/index.htm) была разработана и администрируется Департаментом по Селекции и Генетике Животных, Институтом Ветеринарной Медицины в Ганновере, Германия. Она является частью Глобального Банка Данных, но ограничивается 46 странами-членами Европейской ассоциации по животноводству и другими странами Европы. По состоянию на 23 октября 2003 г., база данных состояла из 1935 элементов данных по европейским породам восьми видов домашнего скота (буйволы, крупный рогатый скот, козы, овцы, кони, ослы, свиньи, кролики). В базе данных представлена общая информация по породам, касающаяся происхождения, развития,

величины популяции, состояния породы, функциональности и деятельности по сохранению. В базе данных также даны ссылки на базы данных на уровне стран в Германии, Франции, Швейцарии, Нидерландах и Австрии. Также дана ссылка на **Web-страницу по Редким Международным Породам в Европейской Ассоциации по Животноводству** (Зоогенетический Банк Данных Европейской Ассоциации по Животноводству, 2003).

DAGRIS (Информационная система по генетическим ресурсам домашних животных)

DAGRIS (dagris.ilri.cgiar.org) разработана и управляется Международным Исследовательским Институтом по Животноводству. Она была создана в 1999 г., чтобы собрать и распространить информацию о происхождении, распространенности, разнообразии, характеристиках, современные цели использования, состояние аборигенных пород. Информация получена из опубликованных результатов исследований. Характерная особенность этой базы данных заключается в том, что информация о породах подкреплена библиографическими ссылками в исходных изданиях. **DAGRIS предназначена для содействия исследованиям, обучения, общественного осведомленности, улучшения генетических качеств и деятельности по сохранению.** Версия I базы данных была выпущена на Интернете в апреле 2003 г. (dagris 2003) и имеется на компакт-диске. В настоящее время в базе данных содержится 16000 записей о признаках 152 пород крупного скота, 96 пород овец и 62 пород коз Африки. Хотя база данных ограничивается тремя видами животных в Африке, планируется расширить масштаб dagris, чтобы включить Азию в ближайшем будущем.

Планы будущих разработок базы данных включают установление дополнительных конструкций для дистанционной загрузки и скачивания некурируемой информации о породах, чтобы увеличить диапазон пользователей, участвующих в разработке базы данных, модули для включения средств для содействия процессу принятия решений для устойчивого использования и сохранения зоогенетических ресурсов в развивающихся странах, модулей для сбора и анализа молекулярной генетической информации и возможностей связать с ГИС, чтобы дать возможность наложения различных географически ориентированных данных (Ayalew и др., 2003).

Университет Штата Оклахома по Породам Домашнего Скота

Кафедра Зоотехники Университета Штата Оклахома руководит этой базой данных, которая была открыта в 1995 г. (www.ansi.okstate.edu/breeds). В ней представлено краткое описание пород, то есть происхождение, распространенность,

Вставка 5.1 продолжение на следующей странице

Вставка 5.1 продолжение.

стандартные характеристики, цели использования и состояние породы и основные ссылки на литературу о породах. В ней также содержится перечень пород во всем мире, с возможностью сортировать их по регионам. По данным на октябрь 2003 г., в базе данных перечислены 1074 пород, в том числе 289 пород овец, 269 пород крупного рогатого скота, 229 пород коней, 106 пород коз, 73 пород свиней, 8 пород ослов, 7 пород буйволов, 6 пород верблюдов, 4 пород северных оленей, 1 пород лам, 1 порода яков, 55 пород домашней птицы, 10 пород уток, 7 пород индюшек, 7 пород гусей, 1 пород цесарок, и 1 порода черных лебедей. В ней также даны ссылки на полезную информацию в Виртуальной Библиотеке Домашнего Скота в университете.

Оценочные Данные О Генетическом Разнообразии На Основе Молекулярных Генетических Маркеров

Молекулярные генетические маркеры обычно используются, чтобы оценить параметры генетического разнообразия домашнего скота. Такая информация была собрана во многих проектах по большому количеству пород, но еще необходимо провести комплексный анализ. Полиморфизмы протеинов были первыми маркерами, которые были применены для домашнего скота и в 1970-х, большое количество исследований по генетической изменчивости проводились с использованием групп крови и систем аллозимов (Baker и Manwell, 1980; Manwell и Baker, 1980); однако уровень полиморфизма, наблюдавшийся по этим маркерам часто низок, что значительно снизило применимость для исследований по разнообразию. С развитием технологий полимеразной цепной реакции (ПЦР), полиморфизм ДНК стал излюбленным маркером для исследований молекулярных исследований генетической изменчивости. В настоящее время два самых популярных класса маркеров для описания генетических характеристик домашнего скота являются митохондриальными последовательностями ДНК, в частности последовательность гипервариабельного участка *D-loop* или контрольного участка, и локусов аутосомных микросателлитов (Sunnucks, 2001).

Митохондриальная ДНК наследуется как внеядерный элемент, практически исключительно по материнской линии. Каждая особь обычно наследует единственный гаплотип от своего производителя женского рода. Митохондриальный генетический анализ, таким образом, дает неполную картину разнообразия, имеющегося в особи или популяции, в отсутствие

ядерного геномного разнообразия или анализа переноса генов, передаваемых производителями мужского рода (Avisе, 1994). Это особенно важно для видов домашнего скота, которые скрещиваются исключительно с неродственными особями, при таком виде селекции у самцов потомство многочисленное. Однако из-за отсутствия рекомбинации и наследования в виде единственного гаплотипа, изучение митохондриальной ДНК сделали значительный вклад в идентификацию диких прародителей домашних животных и понимание сложных процессов одомашнивания, что является существенной информацией для понимания происхождения и распространения генетического разнообразия видов (см. Bruford и др., 2003 для обзора последних данных). Если последовательности имеются для большого количества неродственных особей, разнообразие гаплотипов можно рассчитать у одной породы и сравнить между породами. Иерархический анализ молекулярной дисперсии (amova) (Excoffier и др., 1992) позволяет провести сравнение распространенности разнообразия внутри и между группами пород или в пределах и между географическими регионами (Luikart и др., 2001). Митохондриальная ДНК может служить быстрым способ выявления гибридизации между видами или подвидами домашнего скота (Nijman и др., 2003).

Локусы микросателлитов кодоминантные ядерные маркеры, обнаруживаемые в высокой плотности и случайным образом рассеянных на всех хромосомах большинства (возможно, всех) эукариотов. Они в высокой степени полиморфичны, причем аллели у которых варьируется число tandemных повторов от двух до пяти базовых пар последовательностей. Микросателлиты малого размера и могут быть легко увеличены при помощи ПЦР из ДНК, извлеченного из разных источников, в том числе из крови, волос, кожи и даже экскрементов. Полиморфизмы можно наглядно представить на секвенирующем геле, а существование автоматических секвенсеров ДНК позволяет провести высокопроизводительный анализ множества образцов за короткий период времени (Jarne и Lagoda, 1996; Goldstein и Schlötterer, 1999). В настоящее время, они являются излюбленными маркерами для изучения разнообразия и анализа родословной и количественных признаков картирования локусов, хотя нынешняя популярность может быть подвергнута сомнению в ближайшем будущем с разработкой недорогих методов проб полиморфных маркеров единого нуклеотида. ФАО руководила разработкой рекомендаций для ряда локусов микросателлитов, которые должны были использоваться для исследований по каждому из крупных видов домашнего скота (см. dad.fao.org/en/refer/library/guidelin/marker.pdf).

Некоторые противоречия окружают выбор наиболее удачной мутационной модели, примененной к эволюции локусов микросателлитов, а, следовательно,

выбор наиболее удачной генетической модели популяции для анализа данных. Полиморфизм микросателлитов возможно происходит посредством механизма проскальзывания ДНК (Schlötterer и Tautz, 1992), а полученные аллели разъединены. Допущение о существовании неисчерпаемого резерва возможных аллелей может не иметь смысла, так как размер нового мутанта, вероятно, зависит от аллеля, из которого он мутировал, а также возможны обратные мутации. Поэтому были предложены новые измерения генетического расстояния и генетической дифференциации, основанных на поэтапной мутационной модели (Goldstein и др., 1995). Однако исследования методом моделирования показали, что применение анализов, при которых допускается модель бесконечной мутации аллелей, в целом обоснована для исследований внутривидового разнообразия с применением данных о микросателлитах (Takezaki и Nei, 1996).

Данные о микросателлитах применяются для оценки генетического разнообразия внутри породы и между породами и генетического перемешивания между породами. Среднее число аллелей (m_{pa}) и наблюдаемое и ожидаемая гетерозиготность (H_o и H_e) являются наиболее распространенными рассчитанными генетическими параметрами популяций для оценки разнообразия внутри породы. Однако чтобы m_{pa} служил обоснованным элементом сопоставления между породами, необходимо, чтобы размер выборки был одинаковым во всех породах. Теоретически, аллельное разнообразие дает информацию об уникальности породы, благодаря наличию уникальных (также называемых «личными») аллелей внутри популяции. Практика наблюдения за личными аллелями должна интерпретироваться с осторожностью, особенно если они присутствуют при низкой частоте, потому что они могут быть результатом из выборочных артефактов. Точно так же средняя квадратическая ошибка измерений гетерозиготности зависит от количества генотипированных животных и уровня полиморфизма, наблюдаемого в индивидуальных локусах.

Самые простые параметры для оценки разнообразия между породами, используя данные о микросателлитах, являются генетическими индексами дифференцирования или фиксации. Было предложено несколько формул оценки (например, F_{ST} , G_{ST} , θ), наиболее широко используемым является F_{ST} (Weir и Basten, 1990), который измеряет степень генетической дифференциации между суб-популяциями посредством расчетов стандартизированных расхождений в частоте аллелей между популяциями. Статистическая значимость может быть рассчитана для значений F_{ST} между парами популяций, которые проверяют нулевую гипотезу отсутствия генетической дифференциации между популяциями, следовательно, генетическое разделение разнообразия между

популяциями (Mбуи и др., 2003). Аналогично, для анализа полиморфизма митохондриальной ДНК, можно провести *amova* (Excoffier и др., 1992) для оценки распространенности разнообразия внутри и между группами пород.

Данные по частоте микросателлитов также широко используются для оценки генетических связей между популяциями, а также между особями, при помощи вычислений величин генетического расстояния на основе частоты микросателлитных аллелей. Наиболее широко применяемая величина генетических расстояний—это стандартное генетическое расстояние Нея (D_s) (Nei, 1972). Однако для популяций в близком родстве, в которых дрейф генов является основным фактором генетической дифференциации, как это часто бывает в случае с породами домашнего скота в развивающихся странах, рекомендуется применение модифицированного расстояния Кавалли-Сфорза (D_A) (Nei и др., 1983). Генетические отношения между породами обычно наглядно отображаются при помощи построения филогенезов, а еще чаще при помощи метода связывания ближайших соседей (*Neighbor-joining*, *N-J*) (Saitou и Nei, 1987), при котором не допускается, что темпы эволюции одинаковы во всех родословных. Было опубликовано множество статей (например, в журнале Международного Общества Зоогенетики, *Animal Genetics* [www.isag.org.uk]), где описаны филогенетические отношения между породами домашнего скота с применением генетических расстояний. Однако, основной недостаток построения филогенетического дерева – это то, что делается допущение о том, что эволюция не является сетчатой (то есть, что родословные могут отклоняться от стандарта, но никогда не могут являться результатом скрещивания между родословными). Это допущение редко обосновано для домашнего скота, где новые породы часто берут начало в результате скрещивания между двумя или более предками. Следовательно, наглядное представление, обеспеченное филогенетической реконструкцией, должно интерпретироваться с осторожностью, со знанием того, что оно не может представлять собой слияние родословных.

Многовариационный анализ и совсем недавно, подходы Байесовской кластеризации были предложены для анализа смешивания в отношении данных частоты микросателлитных аллелей (Pritchard и др., 2000). Вероятно наиболее комплексным исследованием такого рода, касательно домашнего скота, является изучение крупного рогатого скота на всем африканском континенте (Hanotte и др., 2002). При помощи анализа основного компонента, авторы смогли оценить по каждой африканской породе уровень генетического смешения и сделать выводы о происхождении из трех в настоящее время признанных центров одомашнивания крупного рогатого скота. Кроме того, в сочетании с археологической информацией молекулярные данные позволили

идентифицировать центры происхождения или точки входа на африканский континент трех крупных генетических факторов влияния, присутствующих в настоящее время в отношении африканского крупного рогатого скота. Основным положением здесь является то, что использование молекулярных генетических данных является полезным инструментом, в сочетании с другой информацией, например, археологическими данными и письменными источниками, чтобы понять природу и историю происхождения, и последующее направление и развитие генетического разнообразия видов домашнего скота.

Картографирование существующего генетического разнообразия позволяет сделать выводы о расположении функциональной генетической изменчивости внутри видов для которых существуют только ограниченные данные по фенотипической изменчивости.

Использование молекулярных маркеров разнообразия для принятия решений о сохранении

Хотя в идеальном случае мы сохранили бы все породы домашнего скота для возможного использования в будущем, необходимые финансовые, физические и трудовые ресурсы вряд ли будут доступны. Поэтому необходимо принять решение о том, как распределить финансовые ресурсы для сохранения. Одна из целей сохранения будет состоять в том, чтобы сохранить максимальное разнообразие для потенциального перспективного использования. Нет почти никакой информации о распространенности потенциально полезного генетического полиморфизма среди пород, и очень немного информации существует на фенотипах пород в развивающихся странах. Поэтому в ближайшей перспективе, информация о молекулярных маркерах позволяет легко осуществлять оценку генетического разнообразия внутри и между данным набором пород. В данном исследовании не утверждается, что информация о молекулярных маркерах превосходит по важности фенотипические или другие косвенные или непосредственные измерения функциональной генетической изменчивости. Напротив, измерения генетического разнообразия, основанного на молекулярных маркерах, являются самыми ценными, когда недостает другой информации и становится все менее ценной по мере появления более подробных и точных измерений функциональной генетической изменчивости (например, точная фенотипическая оценка). В конечном счете, для принятия решений по сохранению необходимы оптимальные комбинации информации о функциональном генетическом разнообразии, в том числе информация, основанная на молекулярных генетических маркерах, но существующие

механизмы содействия принятию решений сосредоточены, прежде всего, на использовании данных о молекулярных генетических маркерах или измерениях разнообразия, полученных из таких данных. В заключение исследования предложены способы разработки более комплексных механизмов содействия принятию решений. Следует также помнить о том, что решения по сохранению будут включать такие факторы как социальные и культурные ценности разных пород. Механизмы, содействующие принятию решений, обсуждаемые в этой главе, вероятно, будут самыми ценными для лиц, принимающих решения, понять следствия альтернативных направлений действий, чтобы помочь улучшить, а не вести процесс принятия решений.

Одна из задач сохранения состоит в том, чтобы максимизировать генетическое разнообразие доступное в будущем. Ряд авторов предложили применить методы, максимизации общего генетического разнообразия внутри и между породами, как рассчитано при помощи данных о молекулярных генетических маркерах (Toro и др., 1998; Eding и др., 2002). Другие авторы обращают внимание на максимизацию перспективного разнообразия между породами (Thaon d'Aroldi и др., 1998; Simianer, 2002) и предлагают максимизацию взвешенного равновесия разнообразия внутри и между породами (Piyasatian и Kinghorn, 2003).

Хотя высокая генетическая изменчивость может быть обнаружена в пределах пород (см. главу 6), и методы, предложенные для максимизации общего количества генетического разнообразия внутри и между породами, как это оценено при помощи молекулярных маркеров, превосходны, мы сомневаемся, что максимизация всего генетического разнообразия внутри и между породами является подходящим критерием для постановки целей сохранения по следующим причинам:

- Наиболее легко и быстро применимое генетическое разнообразие лежит между породами. Это происходит из-за того, что частоты аллелей, управляющих важными адаптивными и функциональными признаками, могут быть высоки или фиксированы внутри пород, и, следовательно, замена породы или улучшение породы скрещиванием ведет к более быстрым генетическим изменениям, чем отбор внутри популяций.

- В соответствии с теорией популяционной генетики предполагается, что должны быть явно нелинейные отношения между генетическим расстоянием, измеряемого анонимными маркерами, и функциональными генетическими (т.е., годными к применению) различиями между породами, независимо от того возникают они в результате дрейфа или отбора. В недавнем исследовании молекулярного генетического разнообразия между европейскими породами

свиней, был обнаружен более высокий уровень разнообразия, чем это ожидалось из-за дрейфа генетической изменчивости, в соответствии с воздействиями отбора на крупных участках генома во время одомашнивания и эволюции породы (L. Ollivier, личный комментарий). Надои молока крупного рогатого скота еще раз подтверждают два высказанных мнения. Среднее количество молока, получаемого в стадии разгара лактации, сытого скота варьируется от ниже 800 л. у многих немолочных тропических пород скота до выше 6000 л. у европейских молочных пород *Bos taurus*. Отбор тропических пород с низкими надоями молока для повышения надоев при помощи очень успешной программы селекции повысил бы надои молока на 1% в год, таким образом, потребовалось бы 202 года на то, чтобы довести надои молока немолочных тропических пород до уровня современных молочных пород. При замене породы этот процесс займет от 5 до 10 лет, а при межпородном скрещивании половина процесса займет 5 лет, а три четверти процесса – примерно 10 лет.

- При применении методов, использованных для оценки генетической изменчивости на основе данных о молекулярных маркерах, обязательно допускается, что генетическая изменчивость внутри породы функционально одинакова для всех пород, что может быть необоснованно.

- Сохранение малого количества пород сохранит очень высокую долю изменчивости внутри породы, как показывают молекулярные генетические маркеры.

- Показатели разнообразия, которые используются в настоящее время, не однообразны и не постоянны, что ведет к неправдоподобному результату согласно которому добавление новых пород к ряду пород, предназначенных для сохранения, может уменьшить расчетную величину разнообразия для сохранения, а добавление породы, которая уже присутствует в группе пород для сохранения, может увеличить разнообразие для сохранения.

Мы считаем, что более подходящий подход – это максимизировать перспективное разнообразие между породами или возможно сделать больший акцент на сохранение изменчивости между породами и внутри них. Несколько групп исследователей советуют применение метода, предложенного Вейтцманом (1993, 1998) для распределения ресурсов для сохранения межвидового разнообразия. Симианер и его коллеги доработали этот подход (Simianer, 2002; Simianer и др., 2003). В рамках данного подхода предлагается сначала оценить генетическое расстояние между породами на основе молекулярных генетических и других данных. Немного модифицированная версия показателя разнообразия, D , предложенная Вейтцманом, была разработана

для оценки генетического разнообразия, причем этот показатель обладает свойствами неотрицательности, однообразия, монотонности и постоянства. Были разработаны методы для вычисления вероятности исчезновения каждой породы, z_i , которое можно потом использовать для расчета ожидаемого перспективного разнообразия, D_F , допускающего вероятность исчезновения для всех пород. Маржинальный вклад каждой породы в разнообразие, m , можно также рассчитать как разницу между D_F с породой, которая включена в группу пород с вероятностью исчезновения равной m_i и D_F , если вероятность исчезновения $z = 1.0$ (т.е., порода наверняка исчезнет). Маржинальный вклад определенной породы не связан с вероятностью собственного вымирания, а с вероятностью вымирания близкородственных пород. Согласно наблюдениям, породы, которые больше всего находятся под угрозой вымирания обычно не те породы, которые, как предполагается, внесут самый большой маржинальный вклад в разнообразие. Это означает, что средства для сохранения редко будут наилучшим образом расходоваться на породы с наибольшей угрозой вымирания.

Были предложены методы, чтобы вывести прогнозы вероятности вырождения (Reist-Marti и др., 2003), однако необходимо более подробно исследовать методы прогнозирования вероятности вырождения. Можно разработать методы оптимизации распределения средств для ограниченной деятельности по сохранению. Для этого требуется определение отношений между вероятностью вырождения и расходом средств на сохранение определенной породы, что в целом возможно, но еще не осуществлялось систематически. Симпанер (2002) приводит пример оптимизации ресурсов для сохранения африканских пород крупного рогатого скота на основе гипотетических отношений между распределением ресурсов и изменениями в вероятности вырождения. В этом примере, оптимальное распределение ресурсов привело к увеличению перспективного разнообразия примерно на 60%, чем распределение ресурсов для сохранения всех пород или только пород под угрозой вырождения. Последнее – это метод, который широко используется в деятельности по сохранению, свидетельствующий о том, что разработка и применение оптимизированных способов распределения ресурсов может значительно повлиять на эффективность программ по сохранению.

Возвращаясь к вопросу о подходящих измерениях разнообразия, необходимо поставить цель максимизации в программах по сохранению, Бейкер и др. (2001) сравнили использование разных измерений разнообразия на группе пород азиатских коз. Они показали, что в сущности нет корреляции между вкладом в разнообразие отдельных пород, когда цель заключается в максимизации всей (внутри плюс между породами) изменчивости и целями,

закрывающимися в максимизации разнообразия между породами, как это было измерено такими показателями как статистика D Вейтцмана. Хотя здесь мы заняли твердую позицию о том, какие показатели наиболее близки к задачам сохранения, все же будет важно для мирового сообщества достичь консенсуса по этому вопросу, чтобы обеспечить непрерывное и эффективное финансирование деятельности по сохранению.

Комбинирование молекулярно-генетических, фенотипических и других данных для принятия решений

Вышеупомянутые методы, основанные на анонимных измерениях разнообразия, могут быть расширены для включения непосредственного измерения полезности (например, устойчивость к болезням, резистентность к стрессу, производительность), чтобы сохранить как максимальное разнообразие, так и максимальную полезность. Симианер (2002) предложил один из возможных методов. Необходимо далее разрабатывать такие методы, но в принципе они применимы в любой ситуации начиная от отсутствия информации о полезности, где имеются только данные о молекулярно-генетическом разнообразии, до наличия полной информации о полезности, причем данные о молекулярно-генетическом разнообразии никак не будут влиять на оптимизацию.

Достижение оптимума в принятии таких решений трудоемко в вычислительном отношении, когда рассматривается несколько пород, что ограничивает возможность применения для решения масштабных проблем и легкий доступ к данному инструменту. Генетические алгоритмы предлагают решение методом последовательных приближений (итераций) на основе эволюционных принципов, которые позволяют быстро решить весьма сложные проблемы оптимизации. Пиясатиан и Кингхорн (2003) приводят пример решения проблемы, максимизируя комбинацию изменчивости внутри и между породами, при которой пользователь сам определяет, следует ли делать акцент на изменчивости внутри породы или между породами. Можно разработать такие методы, чтобы создать интерфейсы, при помощи которых пользователи смогли бы варьировать множество входных параметров и рассматривать последствия альтернативных сценариев сохранения в реальном времени. Их также можно расширить, чтобы создавать более совершенные модели влияния решений о сохранении (например, включение прогнозов уровня инбридинга и, следовательно, потери разнообразия внутри породы), а посредством этого утраты перспективных возможностей улучшения генетических качеств. Эти методы в перспективе обеспечивают появление нового поколения

инструментов, которые позволят исследователям и советникам по выработке политики, проводить анализ последствий широкого диапазона альтернативных сценариев сохранения и использования генетических ресурсов домашнего скота. Такие инструменты можно предоставлять вместе с базами данных и информационных систем по генетическим ресурсам домашнего скота, доступных в Интернете, или для автономного использования на любом стандартном персональном компьютере. Такие инструменты можно будет легко приспособить для применения к любым решениям по сохранению других видов сельскохозяйственного и несельскохозяйственного назначения.

Примечание

1. Эти оценочные данные были получены из Реестра Глобального Мониторинга Разнообразия Видов Домашних Животных, составленного из текущих отчетов о генетических ресурсах домашнего скота, представленных официальными представителями стран в базы данных ФАО. Критические замечания по поводу такого подхода к документированию генетического разнообразия видов домашнего скота заключаются в том, что у каждой страны есть суверенное право идентифицировать любые генетические ресурсы, представленные в этой стране, как уникальные генетические ресурсы. Например, многие страны определяют свиней породы ландрас как национальный генетический ресурс, таким образом, свиньи породы ландрас считаются отдельной породой в каждой стране.

Во многих странах очень мало свиней породы ландрас, поэтому, считается, что они в какой то степени находятся под угрозой вырождения, хотя численность свиней породы ландрас по всему миру все еще многочисленна и ей не грозит риск исчезновения. Несмотря на то, что, несомненно, есть некоторая степень генетических различий между некоторыми популяциями свиней породы ландрас, процесс сбора статистических данных ведет к завышенной оценки, как численности пород, так и процента пород, которым грозит риск исчезновения. Причиной этой проблемы является исключительно отчетность из развитых стран мира. В противоположность этому, многие наблюдатели на местах считают, что ситуация в развивающихся странах мира обратная. В развивающихся странах, о многих генетических ресурсах домашнего скота нет отчетности, а угроза исчезновения генетических ресурсов намного выше, чем сообщается, кроме того, угроза растет. Угроза утраты генетических ресурсов домашнего скота в развивающихся странах возникает в первую очередь из-за все более широкого применения кроссбридинга и меняющихся

методов земледелия. Таким образом, складывается неблагоприятная ситуация, в которой многие наблюдатели скептически относятся к угрозе утери генетических ресурсов домашнего скота из-за систематических ошибок в процессе отчетности в развивающихся странах, а остальные наблюдатели считают, что угроза исчезновения важных генетических ресурсов намного выше, чем показано в текущей отчетности на сегодняшний день. Существует острая необходимость в точной, подробной документации статуса и тенденций генетических ресурсов домашнего скота в развивающихся странах мира.

2. На 1 мая 2006 г. количество стран-участниц КБР составляло 188, а 168 из них подписали конвенцию (www.biodiv.org).

Литература

- Awise, J. C. 1994. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. New York: Chapman and Hall.
- Ayalew, R., J. E. O. Rege, E. Getahun, M. Tibbo, and Y. Mamo. 2003. Delivering systematic information on indigenous animal genetic resources: The development and prospects of DAGRIS. Proc. Deutsche Tropentag 2003: Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural Development, October 8–10, 2003. Goettingen, Germany.
- Baker, C. M. A. and C. Manwell. 1980. Chemical classification of cattle. I. Breed groups. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 11:127–150.
- Barker, J. S. F., S. G. Tan, S. S. Moore, T. K. Mukherjee, J. L. Matheson, and O. S. Silveraj. 2001. Genetic variation within and relationships among populations of Asian goats (*Capra hircus*). *Journal of Animal Breeding and Genetics* 118:213–233.
- Bruford, M. W., D. G. Bradley, and G. Luikart. 2003. DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nature Reviews Genetics* 4:900–910.
- Cunningham, E. P. 1992. Animal genetic resources: The perspective for developing countries. In J. O. E. Rege and M. E. Lipner, eds., *Animal Genetic Resources: Their Characterization, Conservation and Utilization*. Research Planning Workshop, ilca, Addis Ababa, Ethiopia, February 19–21, 1992. Addis Ababa, Ethiopia: ilca.
- DAGRIS. 2003. *Domestic Animal Genetic Resources Information System (DAGRIS)*. Version 1. J. E. O. Rege, W. Ayalew, and E. Getahun, eds. Addis Ababa, Ethiopia: ilri. dagris.ilri.cgiar.org.
- EAAP Animal Genetic Databank. 2003. Department of Animal Breeding and Genetics, School of Veterinary Medicine, Hannover, Germany. www.tiho-hannover.de/einricht/zucht/eaap/index.htm.
- Eding, H., R. P. Crooijmans, M. A. Groenen, and T. H. Meuwissen. 2002. Assessing the contribution of breeds to genetic diversity in conservation schemes. *Genetics Selection Evolution* 34:613–633.
- Excoffier, L., P. E. Smouse, and J. M. Quattro. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among dna haplotypes: Application of human mitochondrial dna restriction data. *Genetics* 131:479–491.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1984. *Animal Genetic Resources Conservation by Management, Data Banks and Training*. Part 1. Rome: fao.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1986a. *Animal Genetic Resources Data Banks*. 1. *Computer Systems Study for Regional Data Banks*. Rome: fao.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1986b. *Animal Genetic Resources Data Banks*. 2. *Descriptor Lists for Cattle, Buffalo, Pigs, Sheep and Goats*. Rome: fao.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1986c. *Animal Genetic Resources Data Banks*. 3. *Descriptor Lists for Poultry*. Rome: fao.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. *The Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources*. Executive Brief. Rome: fao.
- Felius, M. 1995. *Cattle Breeds: An Encyclopedia*. Doetinchen, The Netherlands: Misset.
- Gibson, J. P. 2003. Strategies for utilising molecular marker data for livestock genetic improvement in the developing world. In *Proceedings International Workshop on Marker Assisted Selection: A Fast Track to Increase Genetic Gain in Plant and Animal Breeding*, October 2003. Torino, Italy.
- Goldstein, D. B. and C. Schlötterer. 1999. *Microsatellites: Evolution and Applications*. New York: Oxford University Press.
- Goldstein, D. B., A. R. Linares, L. L. Cavalli-Sforza, and M. W. Feldman. 1995. An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci. *Genetics* 139:463–471.
- Hanotte, O., D. G. Bradley, J. W. Ochieng, Y. Verjee, E. W. Hill, and J. E. O. Rege. 2002. African pastoralism: Genetic imprints of origins and migrations. *Science* 296:336–339.
- Hodges, J., ed. 1987. *Animal Genetic Resources: Strategies for Improved Use and Conservation*. Proceedings of the 2nd Meeting of the fao/unep Expert Panel with Proceedings of the eaap/psas Symposium on Small Populations of Domestic Animals. Rome: fao.
- Hodges, J., ed. 1992. *The Management of Global Animal Genetic Resources*. Proceedings of an fao Expert Consultation. Rome: fao.
- Jarne, P. and P. J. L. Lagoda. 1996. Microsatellites, from molecules to populations and back. *Tree* 11:424–429.
- Luikart, G., L. Gielly, L. Excoffier, J. D. Vigne, J. Bouvet, and P. Taberlet. 2001. Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 98:5927–5932.
- Manwell, C. and C. M. A. Baker. 1980. Chemical classification of cattle. 2. Phylogenetic tree and specific status of the Zebu. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 11:151–162.
- Mason, I. L. 1988. *A World Dictionary of Livestock Breeds, Types and Varieties*. Wallingford, uk: cab International.
- Mburu, D. N., J. W. Ochieng, S. G. Kuria, H. Jianlin, B. Kaufmann, J. E. O. Rege, and O. Hanotte. 2003. Genetic diversity and relationships of indigenous Kenyan camel (*Camelus dromedarius*) populations: Implications for their classification. *Animal Genetics* 34:26–32.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *The American Naturalist* 106:283–292.
- Nei, M., F. Tajima, and Y. Tateno. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. II. Gene frequency data. *Journal of Molecular Evolution* 19:153–170.
- Nijman, I. J., M. Otsen, E. L. Verkaar, C. de Ruijter, E. Hanekamp, J. W. Ochieng, S. Shamshad, J. E. O. Rege, O. Hanotte, M. W. Barwegen, T. Sulawati, and J. A. Lenstra. 2003. Hybridization of banteng (*Bos javanicus*) and zebu (*Bos indicus*) revealed by mitochondrial dna, satellite dna, aflu and microsatellites. *Heredity* 90:10–16.
- Piyasatian, N. and B. P. Kinghorn. 2003. Balancing genetic diversity, genetic merit and population viability in conservation programmes. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120:1–13.
- Pritchard, J. K., M. Stephens, and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945–959.
- Rege, J. E. O. 1992. Background to ilca's agr characterisation project, project objectives and agenda for the research planning workshop. In J. E. O. Rege and M. E. Lipner, eds., *African Animal Genetic Resources: Their Characterisation, Conservation and Utilisation*, 55–59. Addis Ababa, Ethiopia: ilca.
- Reist- Marti, S. B., D. Wakelin, H. Simianer, J. Gibson, O. Hanotte, and J. E. O. Rege. 2003. Weitzman's approach and livestock conservation: An application to African cattle breeds. *Journal of Conservation Biology* 17:1299–1311.
- Roughsedge, T., R. Thompson, B. Villanueva, and G. Simm. 2001. Synthesis of direct and maternal genetic components of economically important traits from beef breed-cross evaluations. *Journal of Animal Science* 79:2307–2319.

- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4:406–425.
- Scherf, B., ed. 2000. *World Watch List for Domestic Animal Diversity*, 3rd ed., Part 1.9, 20, dad.fao.org/en/Home.htm, databases. Rome: fao/undp.
- Schlötterer, C. and D. Tautz. 1992. Slippage synthesis of simple sequence dna. *Nucleic Acids Research* 20:211–215.
- Simianer, H. 2002. Noah's dilemma: Which breeds to take aboard the ark? In *7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 8. Montpellier, France: inra/cirad.
- Simianer, H., S. B. Marti, J. Gibson, O. Hanotte, and J. E. O. Rege. 2003. An approach to the optimal allocation of conservation funds to minimize loss of genetic diversity between livestock breeds. *Ecological Economics* Special Issue on angr 45:377–392.
- Sunnucks, P. 2001. Efficient genetic markers for population biology. *Tree* 15:199–203.
- Swaminathan, M. S. 1992. Biological diversity and global food security. In R. R. Lokeshwar, ed., *V International Conference on Goats. Pre-Conference Proceedings. Plenary Papers and Invited Lectures*, 1–5. New Delhi: International Goat Association and Indian Society of Sheep and Goat Production and Utilization.
- Takezaki, N. and M. Nei. 1996. Genetic distances and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite dna. *Genetics* 144:389–399.
- Thaon d'Aroldi, C., J. L. Foulley, and L. Ollivier. 1998. An overview of the Weitzman approach to diversity. *Genetics Selection Evolution* 30:149–161.
- Toro, M., L. Silió, J. Rodríguez, and C. Rodríguez. 1998. The use of molecular markers in conservation programmes of live animals. *Genetics Selection Evolution* 30:585–600.
- Weir, B. S. and C. J. Basten. 1990. Sampling strategies for distances between dna sequences. *Biometrics* 46:551–582.
- Weitzman, M. L. 1993. What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics* 108:157–183.
- Weitzman, M. L. 1998. The Noah's ark problem. *Econometrica* 66:1279–1298.

И. ХОФФМАН

Породы одомашненных видов животных являются биологической основой для развития животноводческого сектора сельского хозяйства. Только 14 из 30 одомашненных разновидностей млекопитающих и птиц обеспечивают 90% продовольственного запаса животного происхождения для человека, все же ценность многих генетических ресурсов животных еще плохо понятна. Развитие в 20 веке концентрировалось на небольшом количестве пород во всем мире, часто без надлежащего внимания к воздействию местной производственной среды на способность пород к выживанию, воспроизводству и производству. Управление данным биологическим капиталом вовсе не принималось во внимание, что в результате привело к значительной эрозии, которая имеет тенденцию к ускорению по мере повышения спроса на продукцию животноводства во всем мире, что часто называется Революцией в животноводстве.

Необходимо значительно усовершенствовать использование и развитие пород домашнего скота, и сохранение ценных пород не представляющих большой интерес для фермеров в настоящее время для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого сельскохозяйственного развития. Устойчивое использование, развитие и сохранение пород - это крайне необходимые и взаимодополняющие элементы. Диапазон быстро меняющихся молекулярных и генеративных биотехнологий также оказывает важное влияние на управление генетическими ресурсами животных. В данной главе рассматривается управление разнообразием генетических ресурсов животных в отношении трех ключевых вопросов (Masinde, 2001):

- В какой степени фермеры планируют поддерживать численность видов и пород в системе фермерского хозяйства? Какие для этого существуют причины?
- Какими методами и стратегиями пользуются фермеры для поддержания численности видов и пород домашнего скота?
- Какие движущие силы—положительные и отрицательные—способствуют или препятствуют фермерам в поддержании такого разнообразия?

После обзора одомашнивания и распространения видов домашних

животных, будут рассмотрены крупные животноводческие системы, породы и цели селекции в таких системах. В главе определены основные внешние силы, влияющие на генетические ресурсы животных и способы, рассмотрены способы, которыми пользуются фермеры при работе с ними. В целом, исследования по бонитировке и управлению генетическими ресурсами животных в мелком масштабе и в традиционном ведении хозяйства малочисленны, но в последнее время они проводятся все чаще. Исследований по разнообразию в пределах систем ведения фермерского хозяйства еще меньше.

Статус генетических ресурсов животных

Одомашнивание и распространение видов

Одомашнивание животных началось около 12000 лет назад и проводилось в соответствии с двумя основными направлениями использования животноводческой продукции. Согласно первому, уделялось внимание отбору животных для заготовки мяса, жира и волокна посредством приручения овец, коз, крупного рогатого скота, собак и гвинейских свиней. Во-вторых, после периода одомашнивания, который оказал заметное влияние на поведение животных, их начали использовать в качестве транспорта и тягловой силы. Для этих целей главным образом выбирали крупный рогатый скот, буйволов, яков, ослов, коней, лам и верблюдов (Röhrs, 1994). В большинстве случаев, люди влияли на окружающую среду, в которой жили животные, но в некоторых производственных системах, например, у кочевников, люди следовали за своими животными. Есть несколько этапов одомашнивания во времени и пространстве (Bruford и др., 2003), как показано на рисунке 6.1. Обмен животными между континентами и странами всегда в какой-то мере происходил, но интенсивность обмена увеличилась во время колониализма, особенно в девятнадцатом веке.

И в настоящее время, есть центры концентрации разнообразия пород; например, большая часть разнообразия пород буйволов и яков находится в Азии, большая часть разнообразия коней, кур и гусей расположена в Европе, а разнообразие камелидов (верблюды, ламы, альпаки и т.д.) сконцентрировано в Латинской Америке (таблица 6.1).

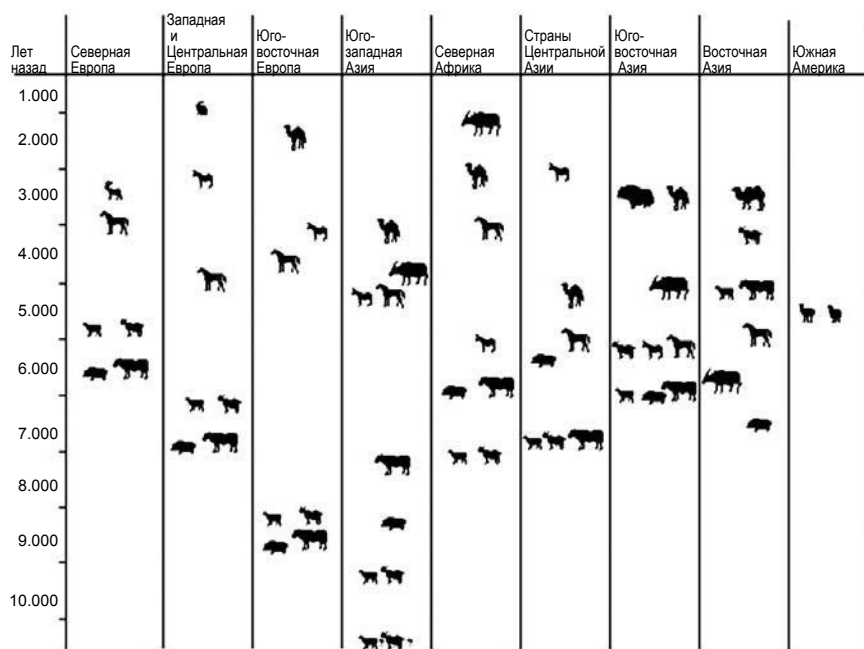


РИСУНОК 6.1. Место и время одомашнивания и распространения видов домашних млекопитающих животных (изменено из Röhrs, 1994).

Животноводческие системы

Несколько тысяч популяций пород домашнего скота было получено за 12000 со времен приручения первых видов домашнего скота. Эти породы эволюционировали в соответствии с адаптацией, которая позволила заниматься животноводством в широком диапазоне агроэкологических зон и производственных систем и при различных экономических системах. Производственные планы могут также различаться и включать как сельскохозяйственное производство для собственных нужд с высоким соотношением потребления домохозяйствами, так и товарное сельскохозяйственное производство, при отсутствии потребления домохозяйствами. Фермеры, ведущие нетоварное хозяйство продают животных, но только из-за необходимости ввиду экономических причин, они держат животных в основном для собственного потребления или по социальным, религиозным или культурным соображениям.

Домашний скот в настоящее время составляет от 25% до 30% сельскохозяйственного валового внутреннего продукта в развивающихся странах, причем предполагается его увеличение на почти 50% в следующие 20 лет. Животноводство служит нескольким целям, в том числе, формирование доходов, накопление имущества, страхование, резервный запас, защищающий от циклических изменений, продовольствие, одежда и другие товары, тяговая сила и переработка питательных веществ (т.е., путем использования побочной продукции, в результате другой сельскохозяйственной деятельности, например, пожнивных остатков). Около 70% малоимущего населения мира зависит от домашнего скота как от важного компонента средств существования. Домашний скот обеспечивает формирование доходов и благосостояние малоимущих мелких земельных собственников, в большей степени, чем состоятельных землевладельцев, в частности женщин, а посредством них, детей в таких домохозяйствах.

Главными определяющими факторами, широко используемыми для классификации систем животноводства (СЖ) являются агроэкологические зоны, мобильность, интеграция в условиях фермы, землевладения, и внешний вклад, необходимый для производства и экономические задачи. Саре и др. (1996) классифицируют СЖ по площади земли для производства на пастбищное, смешанное и безземельное. Пастбищные скотоводческие фермы на основе пастбищ или пастбищные системы обычно являются в чистой форме животноводческими системами, при которых поголовье скота является единственным источником дохода 20 миллионов семей занимающихся животноводством во всем мире (Steinfeld и др., 1997). С точки зрения общего объема производства, системы выпаса обеспечивают только 9% мирового производства мясной продукции. Большая часть поголовья домашнего скота содержится в смешанных сельскохозяйственных системах. Во всем мире, смешанные сельскохозяйственные системы производят самую большую долю всей мясной продукции (54%) и молока (90%). Кроме того, смешанное сельское хозяйство является основной системой для мелких землевладельцев во многих развивающихся странах. Безземельные системы обеспечивают более 50% свинины и птицы во всем мире и 10% говядины и баранины. Они зависят от внешних источников корма, энергии и других входных материалов.

Породы и селекция

Генетические ресурсы животных обычно классифицируются по происхождению или как экзотические или современные, а также соответственно с характером

Таблица 6.1 Пропорциональная доля мирового общего размера популяции и количества пород основных видов домашнего скота в каждом регионе.

	Африка		Азиатско-тихоокеанский регион		Европа		Латинская Америка и район Карибского моря		Ближний Восток		Северная Америка	
	Порода		Порода		Порода		Порода		Порода		Порода	
	Популяция	Порода	Популяция	Порода	Популяция	Порода	Популяция	Порода	Популяция	Порода	Популяция	Порода
Буйвол	0,1	3,5	93,4	70,9	0,3	3,5	1,0	10,5	2,5	11,6	0,0	0,0
Крупный рогатый скот	13,2	20,5	34,9	19,3	12,3	39,4	26,9	8,7	5,4	7,0	8,4	5,1
Як	0,0	0,0	n/a	69,2	n/a	7,7	0,0	0,0	n/a	23,1	n/a	0,0
Коза	19,4	15,6	55,4	25,6	3,7	32,8	5,8	6,0	16,2	16,5	0,2	3,5
Овца	12,1	11,2	38,6	17,7	17,5	47,9	8,5	3,2	23,0	15,3	0,7	4,6
Свинья	2,8	4,4	54,7	36,9	21,5	45,8	8,2	6,0	0,1	0,4	7,8	6,4
Осёл	22,2	12,4	34,3	12,4	3,5	23,7	18,8	5,2	21,3	41,2	0,1	5,2
Лошадь	7,4	7,7	24,5	11,4	12,8	60,7	42,5	4,3	4,2	8,5	10,7	7,3
Камелиды	17,7*	20,6*	14,8†	22,2†	0,1†	3,2†	100,0‡	100,0‡	66,8†	54,0†	0,0	0,0
Курица	5,4	7,8	45,4	17,7	14,5	64,2	16,4	5,0	7,3	3,8	13,7	1,4
Утка§	0,9	11,0	91,7	45,0	8,9	36,0	2,7	6,0	1,4	2,0	1,0	n/a
Индейка	1,0	17,6	0,8	17,6	49,5	47,1	6,3	11,8	3,1	2,9	39,6	2,9
Гусь	1,4	7,6	89,8	19,7	7,0	63,6	0,2	7,6	4,8	n/a	0,1	1,5

Источники: ФАО (1999) по данным популяции крупного рогатого скота и Информационная Система Разнообразия Домашнего Скота по количеству пород, Scherf, (2000).

*Только одноторбые верблюды.

‡ Камелиды Нового Света.

† Одноторбые и двугорбые верблюды.

§ Домашняя утка и Мускусная утка.

селекции, как аборигенные и локально выведенные или выведенные в коммерческих целях. Товарные породы обычно являются продуктом научных селекционных программ, которые основаны на записях об определении вида отдельного животного и его функциональности (см. определения пород в Глоссарии Организация по продовольствию и сельскому хозяйству [ФАО]).

Племенное животноводство начинается с контроля воспроизводства, который сложно проводить в некоторых производственных условиях свободновыгульного содержания. Селекция является самым важным компонентом использования и развития генетических ресурсов животных. Цели селекции для местных пород включают адаптацию к суровым природным условиям, устойчивость к болезням и обеспечение ассортимента продуктов и услуг, которые могут быть товарными или нерыночными. Домашний скот такого вида многофункционален в отношении предназначений и снабжает продовольствием (мясо, молоко, яйца), волокном (шерсть, шкуры и кожа), тягловой силой, навозом и топливом. В Южной Африке, например, некоторые мелкие землевладельцы держат гусей в качестве «сторожевых собак» (Вауег и др., 2003). Выпас животных на подножном корму может создать желательные с точки зрения общества культурные ландшафты и способствовать поддержанию биологического разнообразия. Аборигенные сообщества обладают глубокими знаниями о том, какие типы самок и самцов определенного вида животного им необходимы, и какие типы лучше всего подходят к их окружающей среде и производственным условиям.

У греков и римлян существовала хорошо развитая система селекции животных, о чем свидетельствуют находки костей скелета крупного размера. Однако такие знания и практика исчезли в средневековой Европе, а размеры крупного рогатого скота того времени были небольшими. Арабские конезаводчики первыми завели племенные книги при отборе животных в средние века, знания которые позже повлияли на селекцию животных в Европе. Современная селекция берет начало в 18-м веке, в частности в Британии, когда возникло множество пород, часто приспособленных к определенным местным условиям. Например, породы овец или крупного рогатого скота, которых отбирали для высокогорной местности, имели фенотип отличный от фенотипа животных, отобранных для низменности, также как и чистокровные кони отличались от рабочих лошадей. Породы также развивались на основе импорта с других континентов. Британские местные свиньи скрещены с породами из Восточной и Южной Азии и Средиземноморья. В то время, селекция была направлена на фенотипы, а не продуктивные признаки, а породы были многоцелевыми, например, крупный рогатый скот использовался для производства молока, мяса и в качестве тягловой силы. Из этих местных

пород (land races), современные специализированные породы начали селекционироваться с 1950-х с целью высокой производительности по одному или двум основным продуктивным признакам, таким как молоко, мясо, яйца или волокно. Нынешние породы отбирались в течение 20 поколений по системе чистопородного разведения. Такой современный подход к селекции влечет за собой ручную случку, определение вида отдельного животного и документирование, проверку по потомству и испытание на эксплуатационные качества с целью выявления элитных родителей (в частности самцов из-за их более высокой способности к воспроизводству), а также сложная обработка.

На сегодняшний день, большая часть домашнего скота в развитых странах (и все больше в развивающихся странах) содержится в контролируемых условиях, по большей части независимо от окружающей среды. Даже ингредиенты фуража не обязательно производятся локально, так как корм легко доступен на международном рынке. Такой отрыв от окружающей среды чаще всего ярко выражен в безземельных СЖ, например, на птицефермах и свинофермах, где животных держат в условиях интенсивного содержания и кормления, но может быть это также важно для молочного и мясного скота, содержащегося в загонах для откорма скота. Однородность окружающей среды привело к тому, что требуется меньше пород, что сокращает разнообразие домашнего скота (Tisdell, 2003).

Цель селекции заключается в том, чтобы добиться высоких показателей по нескольким продуктивным признакам (мясо, молоко или яйца). С недавних пор, цели селекции могут также включать укрепление здоровья животных и стабильность метаболизма (например, структура костей, целостность внутренних органов птицы), поведение животных, качество продукции. Данные признаки были внедрены в селекционные системы для экологических проблем, возникших из-за интенсивного животноводства, растущая осведомленность и озабоченность потребителей, движения в защиту животных в развитых странах. В Соединенных Штатах Америки растет интерес потребителей в птице и яйцах, полученных выгульным или пастбищным способом. Внешние факторы (например, утилизация отходов) и давление особых групп интересов (например, защита животных) может повысить стоимость селекции, так как они неизбежно и могут повлечь за собой адаптацию к непредвиденным обстоятельствам, возможно путем внедрения признаков хорошего здоровья животных в селекционные программы. Необходимо обратить внимание на проблемы, связанные с конкуренцией за пропитание, высоким уровнем азотного и фосфорного загрязнения, вызванного птицеводством и свиноводством с высокими входными параметрами. Селекционным компаниям и учреждениям предписывается постоянное улучшение коэффициента усвоения корма

моногастрическими видами домашнего скота из этических, экологических и экономических соображений. Коэффициент усвоения корма для производства яиц и мясо в коммерческом птицеводстве был сокращен с 4.0:1 в 1950 до 2.0:1 в 2000 (Flock и Preisinger, 2002), а на сегодняшний день он составляет 2.5:1 в коммерческом свиноводстве.

Множество мелких фермеров держат местные породы домашнего скота, а также обмениваются ими, а коммерческие породы ассоциируются с широкими масштабами и концентрацией в секторе. Такая концентрация не зависит от юридических форм предприятий (кооперативы или компании). Кооперативы фермеров могут достигать 100% доли рынка в некоторых рынках скота, так же как и селекционные компании на других рынках (Preisinger, 2004). Концентрация промышленного животноводства зависит от уровня воспроизводства, транспортабельности и стоимости перевозок продукции селекционной деятельности. Уровень воспроизводства высок в птицеводстве, на втором месте стоит свиноводство (высокий уровень воспроизводства у самок), на третьем месте – крупный рогатый скот (высокий уровень воспроизводства у самцов), и намного ниже у мелких жвачных животных. Биотехнологии для размножения легче всего использовать для крупного рогатого скота (замораживание семенной жидкости и эмбрионов) и труднее для свиней (в основном используется свежая семенная жидкость в товарном животноводстве) и птиц. Для мелких жвачных животных и лошадей искусственное осеменение используется редко, в их отношении преобладает естественное спаривание. Благодаря тому, что уровень воспроизводства выше всего у птиц, а также ввиду того, что яйца и суточные цыплята высокотранспортабельны, самый высокий уровень консолидации наблюдается в промышленном птицеводстве. Пятьдесят лет назад было множество селекционеров-птицеводов в западных странах. В начале 1980-х во всем мире насчитывалось 20 селекционных компаний. На сегодняшний день на международном птицеводческом рынке доминируют три группы основных селекционеров кур-несушек и четыре крупные компании по разведению бройлеров (Flock и Preisinger, 2002). Такая же тенденция наблюдается и в товарном свиноводстве.

С институциональной точки зрения, современная селекция высоко организована и основывается на племенных книгах с зарегистрированными животными и записями о родословных, которые соответствуют фенотипическим и эксплуатационным целям селекции в селекционной организации. Селекционные организации могут представлять собой ассоциации селекционеров или являться частными селекционными компаниями. Большая часть информации об этих организациях и их программах общедоступна (например, на веб-сайтах ассоциаций селекционеров). Они

обычно занимаются производством одной породы, ориентироваться только на один или два продуктивных признака, и не пытаются увеличивать или поддерживать биологическое разнообразие генетических ресурсов животных, но стремятся поддерживать достаточный уровень генетической изменчивости внутри популяций (вставка 6.1). Например, внутри голштино-фризской породы крупного рогатого скота молочного направления, применение высокоэффективных технологий размножения и интенсивное использование нескольких производителей привело к миллионной численности популяций во всем мире, но к эффективной численности популяций менее 100 особей.

Породы выражают разнообразие генетических ресурсов животных, используемое людьми и определены как культурные, а не технические единицы (см. Глоссарий определений ФАО). Генетическое разнообразие в смысле генетической изменчивости может быть описано в терминах генетических расстояний посредством молекулярно-генетических методов, например, микросателлитные маркеры. Чем дальше отстоят породы друг от друга на филогенетическом древе, тем больше они отличаются на генетическом уровне. Высокий уровень генетической изменчивости можно обнаружить внутри пород с множеством популяций и большим размером стада, а также ограниченным уровнем инбридинга.

Генетическое разнообразие, измеряемое на молекулярном уровне, не всегда соответствует фенотипическому разнообразию породы, так как долгий опыт обмена, усовершенствования и перекрестного скрещивания привел к появлению похожих генотипов с разными фенотипами или разных генотипов со схожими фенотипами. Примером похожих генотипов на фоне разных фенотипов является аборигенная порода крупного скота в Намибии, который известен под названием Санга (Sanga) и водится в северной и северо-восточной части страны. Известны четыре резко выраженных экотипов – Овамбо (Ovambo), Каприви (Caprivi), Кунене (Kunene) и Каванго (Kavango) – которые развились в отдельных средах обитания. Однако они генетически довольно схожи (Nortier и др., 2002). Примерами скрещивания с целью того, чтобы вызвать генетическую изменчивость, но сохранить фенотипы, являются крупный рогатый скот Мурнау-Верденфельсера (Murnau-Werdenfelser), порода в Германии под угрозой исчезновения, которая была скрещена с породой Тарантэз (Tarantaise); или англеская порода старого типа, которая была скрещена с красной датской породой крупного рогатого скота молочного направления. Селекционеры декоративных кур главным образом заботились о фенотипе, тогда как генотип фенотипических разных пород может быть сходным. Исчезнувшие породы могут быть воссозданы путем гибридизации, направленной на воспроизводство фенотипических стандартов. Такое воссоздание целесообразно для фенотипов

Вставка 6.1 Породы и генетическая изменчивость у домашней птицы

Происхождение всей домашней птицы берет начало от банкивской джунглевой курицы в Юго-восточной Азии (Hillel и др., 2003). Породы домашней птицы в развивающихся странах зачастую неописательны, и, за исключением породы Файюми (Fayoumi), выведенной в Египте (Hossary и Galal, 1995), практически нет записей о тропической адаптировавшейся породе аборигенной куриц в Африке. Генетический состав Файюми отличается от генетического состава других куриц, к тому же эти птицы намного более устойчивы к вирусным заболеваниям, чем американские куры («Египетский план развития птицеводства (Egyptian chicken plan)», 1997).

Высокий уровень генетической изменчивости (например, высокий полиморфизм) может быть обнаружен в породах с многочисленными популяциями и размерами стаи и ограниченным инбридингом. На основе генетически выраженных местных популяций, были выведены чистые породы, которые различаются по многим фенотипическим признакам, таким как окраска оперения, структура оперения, тип гребня. Эффективный размер популяции этих пород может уменьшиться за короткий период времени, если, как в случае с декоративными породами, когда ведется интенсивный отбор выставочных признаков. Инбридинг, генетический дрейф и эффект «бутылочного горлышка» могут обострить ситуацию, поставив породы под угрозу. Данные по породам птиц скудны в информационной системе ФАО по разнообразию домашних животных (ИС-РДЖ), несмотря на усовершенствования на протяжении многих лет (Scherf, 2000; Weigend и Romanov, 2002). Данные по 14 видам птиц и 1,049 породам были введены в базу данных ИС-РДЖ, которые составляют только 16% данных обо всех породах. Из данных о генетических ресурсах домашней птицы, представленных странами в ИС-РДЖ, очевидно, что породы, зарегистрированные в странах Европы и Северной Америки, больше всего находятся под угрозой исчезновения, а о том, чтобы судить о положении дел в других регионах недостаточно информации. Примерно 50% пород домашних птиц в ИС-РДЖ классифицируются как исчезающие; это самое высокое процентное соотношение пород под угрозой исчезновения среди всех видов животных, о которых имеется информация в ИС-РДЖ. Товарные линии домашней птицы не включены ИС-РДЖ, то же самое касается линий, которых держат в резерве организации, занимающиеся селекцией или университеты.

Селекционеры, которые разводят товарные породы домашней птицы, продают различную продукцию, большая часть которой является результатом скрещивания трех или четырех чистых линий. Чтобы добиться этого линии прародителей во втором поколении следует выводить непрерывно, необходимо также держать резервные линии. У селекционеров, которые разводят товарные породы, уровень инбридинга низкий, они стремятся поддерживать высокий уровень генетической изменчивости (Flock и Preisinger, 2002). С точки зрения генетической изменчивости, товарные породы охватывают широкий диапазон генетического разнообразия домашней птицы, которые также можно обнаружить среди декоративных пород. Однако, за последние годы, селекционеры товарных пород кур-несушек, дающих яйца с белой скорлупой, начали беспокоиться о снижении генетической изменчивости и перспективных мер реагирования в отношении отбора, так как куры-несушки, дающие яйца с белой скорлупой происходят от одной породы, белого леггорна с листовидным гребнем. Генетическая основа для кур-несушек, дающих яйца с коричневой скорлупой или бройлеры была немного шире, так как они происходят от четырех пород. Слияние компаний, занимающихся селекцией, в недавнем прошлом и ликвидация резервных линий по экономическим соображениям повысило необходимость в сохранении генетической изменчивости среди пород и линий (Hillel и др., 2003).

и в целях, обусловленных социальными и культурными аспектами, охраны старых пород, адаптировавшихся к определенным ландшафтам, и может рассматриваться как сельскохозяйственное и ландшафтное наследие, но его не следует путать с сохранением генетической изменчивости. Следует различать два довода: порода как социальный структурный элемент с определенными фенотипическими характеристиками и определяется государством, как хранителем биологического разнообразия в рамках Конвенции о Биологическом Разнообразии, и генетической изменчивости на уровне генома или локусов. Это указывает на сложность фокусирования дискуссии о разнообразии генетических ресурсов животных, определении их характеристики и управления.

Управление аборигенными генетическими ресурсами животных

В данной главе основное внимание уделяется управлению местными или аборигенными генетическими ресурсами животных. Знания коренного населения отражают фактический опыт на основе традиций в сочетании с недавним опытом использования современных технологий. Такие знания динамичны, меняются посредством механизмов творчества и инноваций, а также в результате контакта с другими системами знаний, местными и международными (Richards, 1985; Warren, 1991; Haverkort, 1993; Rajasekaran, 1993; вставки 6.2 и 6.3).

С социальной точки зрения, на решения фермеров, касающиеся генетических ресурсов животных, оказывают влияние общественные организации и учреждения или доступ к ресурсам домохозяйств или сообщества и управление ими (Rege, 2003). Доступ к природным ресурсам (земля и вода), тип землепользования и владения (частное или общественное) и аспекты внутри домохозяйств (половая принадлежность) также влияют на решение о том, какие виды и породы следует сохранить. Существует соглашение о том, что понятие «порода» является проявлением окружающей среды и общественных ценностей и целей; отсюда, сохранение сельскохозяйственного разнообразия следует связывать с применением в среде ее производства (Rege, 2003).

Почему животноводы и фермеры держат виды и породы в системах фермерского хозяйства?

Аборигенные скотоводы в основном являются животноводами и фермерами, занимающиеся комплексным сельским хозяйством, обладающими

углубленными знаниями естественной окружающей среды своего региона. В этих системах животных иногда клеймят метками клана или группы, но постороннему человеку сложно определить отдельно взятое животное. Pereg (2003:27) отмечает, что «термин порода как официальное обозначение не имеет особо значения за пределами территорий, где сказалось влияние Запада, где записи о родословных животных зачастую отсутствуют. Несмотря на это, даже при таких обстоятельствах, есть виды или «типы», у которых непрерывность чистоты породы является результатом комбинации традиционных «задач селекции» и географического и/или культурного разделения сообществами, в чьем владении они находятся».

Знания по отдельным животным и уровень контроля над селекцией животных зависит от степени зависимости источников дохода сообществ и фермеров от домашнего скота. Поэтому они более обширны в пастбищных хозяйствах, чем в многоотраслевых хозяйствах. Наблюдается разброс по вышеупомянутым пунктам в зависимости от вида животного; животноводы, занимающиеся разведением верблюдов, более заинтересованы в селекции, чем овцеводы и козоводы (Huelsebusch и Kaufmann, 2002). Домашний скот передается по наследству, служит платой за услуги (например, за пастьбу), получают в качестве подарков от родственников или покупается (Hassan, 2000; Gondwe и Wollny, 2002; Jabbar и Diedhiou, 2003).

Согласно различным исследованиям, животноводы, занимающиеся разведением местных пород, пользуются рядом критериев, чтобы судить о ценности племенного животного и различать самцов и самок. Эти критерии обусловлены множеством функций, которые должны выполнять животные. Тэйно и др. (2003) провели интервью с фермерами-животноводами, ведущими нетоварное хозяйство, фермерами, занимающимися многоотраслевым производством растительной и животноводческой продукции и производителями мясомолочной продукции в районах Буркина-Фасо, пораженных мухой цеце. Было выяснено, что все фермеры предпочитают крупный рогатый скот, для которого тип травы и качество воды не имеет особого значения. В отношении быков, желательными считаются тягловая сила, размер тела, плодовитость, устойчивость к болезням, быстрота увеличения массы тела. Для коров, важными критериями, которые, однако, могут быть разными в зависимости от системы производства, считаются способность к воспроизводству, надой молока и размер тела. Фермеры ценят тягловую силу больше, чем животноводы, которые больше ценят надой молока. Фермеры, ведущие многоотраслевое хозяйство, больше всего заинтересованы в тягловой силе животного и менее всего в производстве мяса и молока и, следовательно, меньше беспокоятся о низкой репродуктивной способности. Животноводы заинтересованы в

Вставка 6.2 Предпочтения земледельцев-скотоводов относительно признаков крупного рогатого скота породы Ндама (N'Dama): Методы оценки задач селекции, на основе широкого участия

Изучение и оценка знаний и селекционных стратегий животноводов-селекционеров остается трудной задачей там, где нет официальной инфраструктуры для осуществления селекционной деятельности и системы регистрации данных в письменной форме. Целью данного исследования является определение подходящих методов, на основе широкого участия, которые помогают лучше понять интересы земледельцев-скотоводов в аборигенных породах крупного рогатого скота и их предпочтения в отношении производственных и функциональных признаков, которые можно применить в программах по улучшению пород и в управлении генетическими ресурсами животных.

Был проведен опрос среди владельцев стад и пастухов из 27 сел в трех районах Гамбии. Три испытательных участка свидетельствуют о различиях в степени коммерциализации, ситуации с мухой цеце и структуре владения стадом. На всех испытательных участках преобладает смешанная система выращивания культур и животноводства с низким уровнем капиталовложений. Крупный рогатый скот используется как многоцелевая порода, которая дает молоко, мясо, навоз и служит тягловой силой. Как и на всех территориях Западной Африки, пораженных мухой цеце, эксплуатация жвачного домашнего скота возможна благодаря устойчивости к трипаносомам и другим адаптивным признакам, и около 95% поголовья крупного рогатого скота в Гамбии состоит из толерантного к трипаносомам крупного рогатого скота породы Ндама (cirdes/ilri/itc, 2000). Несмотря на это, близость засушливого климата саванны облегчает иммиграцию крупного рогатого скота породы Гобра (Gobra), типа зебу (индийский рогатый бык).

Были использованы разные методы опроса для определения и оценки, предпочитаемых животноводами пород и предъявить их для определения задач селекции. Были проведены обсуждения в фокус-группах в семи селах с целью изучения производственных задач земледельцев-скотоводов; селекционных стратегий и предпочитаемых признаков; методы селекции.

При обсуждениях в фокус-группах было выявлено, что хотя Ндама является предпочитаемой породой крупного рогатого скота, а скрещивание с породой Гобра по соседству также считается одной из традиционных стратегий селекции. Чаще всего упоминаемыми критериями, которые земледельцы-скотоводы используют для оценки быков породы Ндама, являются размер (13,1%), сила (28,3%), половое влечение (10,6%) и качественное потомство (12,3%). Земледельцы-скотоводы используют термин *сила* для обозначения комбинации энергичности и хорошего здоровья. В отношении коров породы Ндама самыми важными критериями являются надой молока (25,1%), ежегодный отел (24,9%), и сила (16,6%). Состояние здоровья (отражающее устойчивость к болезням) является самым важным параметром для быков и очень важным для коров. Высокоприоритетными продуктивными признаками коров являются надой молока и способность к воспроизводству, а для быков – это телосложение (размер) и производственные показатели.

Вставка 6.2 Продолжение на следующей странице.

Вставка 6.2 Продолжение.

На основе частотности критериев и задач производства животноводческой продукции, было отобрано шесть признаков для матрицы бонитировки (таблица вставки 6.2). Животные породы Ндама получили высокий рейтинг за адаптацию к стрессу в сухие сезоны, использование в качестве тягловой силы, и устойчивости к заболеваниям. Животные породы Гобра получили самый низкий рейтинг по устойчивости к заболеваниям и самый высокий по категориям размер и надой молока. Результаты с разных испытательных участков сильно отличались.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 6.2. Бонитировка земледельцев-скотоводов крупного рогатого скота в Гамбии, по шкале от 1 до 5.

Критерии оценки	Гобра (Gorba)	Ндама - Гобра (N'Dama-Gorba)	Ндама (N'Dama)
Размер	4,9	4,3	3,1
Надой молока	4,7	4,3	3,2
Частота отела	2,9	3,1	4,4
Адаптация к стрессу в сухие сезоны	2,3	2,9	4,7
Использование в качестве тягловой силы	2,7	3,5	4,7
Устойчивость к болезням	1,8	2,6	4,6

Подход на основе широкого участия к управлению генетическими ресурсами животных необходим для определения и оценки разных аспектов традиционных стратегий селекции, чтобы добиться активного участия сообществ, занимающихся животноводством. Инструмент в виде оценочной матрицы позволяет получить данные, поддающиеся количественной оценке, и способствует обмену актуальной информацией, касающейся селекции, между земледельцами-скотоводами и исследователями. Земледельцы-скотоводы отдают предпочтение породе Ндама ввиду устойчивости к болезням и адаптационным признакам. Размер является важным селекционным критерием в отношении породы Ндама, получает высокие оценки в отношении породы Гобра и служит причиной для скрещивания. Это подчеркивает необходимость в поддержке улучшения генетических качеств породы Ндама программам по чистопородному разведению, если есть потребность в сохранении генетической целостности и адаптационных признаков в будущем. Несмотря на это, в селекционной политике необходимо учитывать региональное планирование и поддерживать программы модернизации, зависящие от местных условий, которые на территориях с высоким потенциалом могут даже оказать содействие деятельности по скрещиванию пород, которая уже осуществляется животноводами.

Источник: Steglich и Peters (2002).

Вставка 6.3 Ценность крупного рогатого скота эфиопской породы Боран (Boran) в изменчивой среде

Данное исследование показывает изменения в ценности крупного рогатого скота породы Боран в результате использования их аборигенной среды обитания, вызванные неправильно понятыми воздействиями по развитию и высокой плотностью населения. Были собраны данные в двух районах Эфиопии с противоположной функциональностью в традиционной практике организации пастбищного хозяйства и различиями в степени внешнего воздействия. Район Уэб представляет собой традиционное пастбищное угодье для выпаса скота в сухие сезоны, располагающееся в центральной части пастбищ Борана и соединенное с одним из девяти кустов глубоких скважин. Район Дида Хара – это бывшие пастбищные угодья для выпаса в период дождей на периферийных пастбищах, где в 1970-х были построены пруды для того, чтобы облегчить пастбищную нагрузку на пастбищах для выпаса скота в период дождей и в целом повысить эффективность использования пастбищных угодий. Способы оценки стоимости сельскохозяйственной собственности на основе широкого участия, интервью, глобальные системы позиционирования и официальные карты были использованы с целью оценки выбора пород животноводами, состояния природных ресурсов и стратегий землепользования у коренного населения. Вес тела взрослых самок и самцов крупного рогатого скота местных типов пород замерялся во время пиков сухого сезона и периода дождей.

Крупный рогатый скот эфиопской породы Боран является результатом удачного скрещивания и стратегий отбора животноводов в условиях повышенного риска полуаридных пастбищных угодий. Крупный рогатый скот эфиопской породы Боран сразу же оценили за высокую продуктивность на полусухих пастбищах (Cousins и Upton, 1988; Behnke и Abel, 1996). Экспортированные для коммерческого скотоводства в такие страны как Кения, Австралия и Мексика, крупный рогатый скот улучшенной породы Боран в Кении достиг массы тела до 850 кг (Rege, 1999). Аборигенная система землепользования животноводов в местности Борана основывалась на хорошо распланированных передвижениях между функциональными категориями пастбищных угодий, а также на разукрупнении стада, чтобы обеспечить наличие достаточной территории для выпаса и воды. Дефицит воды является ключевой переменной, которая определяла полезность пастбищ, которые считались самыми лучшими в Восточной Африке. Отдельные местные институты согласовывали потребности стада с управлением доступных ресурсов для выпаса и водопоя во времена их численности и дефицита. Тогда, искусственные пруды в районе Дида Хара дали возможность для постоянного выпаса и неконтролируемого заселения территории, что снизило мобильность стад и привело к перевыпасу на пастбищах временного пользования в прошлом. В то же время, обязательное внедрение вертикали власти усугубило крах аборигенных институтов управления пастбищными угодьями. Кроме того, установление новых политических и административных границ — как часть недавней программы регионализации правительства Эфиопии, в том числе отчуждение одной трети пастбищных угодий Борана и важных скважин в интересах

Вставка 6.3 Продолжение на следующей странице.

Вставка 6.3 Продолжение.

регионального штата Сомали — усугубило конфликт между племенами Сомали и Борана. Ежегодный прирост населения составляет 2.5–3%; это оказывает еще больше давления на пастбищные угодья, а также сократило наличие этих ресурсов на душу населения. В результате наблюдается быстрое истощение пастбищных ресурсов, проявляющееся в виде исчезновения желательных видов и появления нежелательных видов пастбищных кустарниковых растений (Corrock, 1994; Kamara, 2001; Nomann и др., 2004).

Изменения в пастбищных угодьях местности Борана угрожают сохранению истинных типов крупного рогатого скота эфиопской породы Боран (*Qorti*) и благоприятны для более мелких и выносливых типов (*Ayuna*). В условиях благоприятного диапазона, животноводы предпочитают тип *Qorti* крупного телосложения. Тип *Qorti* ценится за высокую фертильность, хороший рост и надой молока. Однако в сравнении с типом *Ayuna*, *Qorti* считается менее толерантным к засухе и внешним паразитам, а также плохо адаптируется к дефициту кормовых ресурсов. Тип *Ayuna* является результатом генетической интрогрессии высокогорной породы скота. Согласно описаниям представители этой породы ниже ростом, меньше, но более выносливы и способны адаптироваться к деградирующим условиям на пастбищах. В целом, считается, что данная порода менее способна к воспроизводству, чем тип *Qorti*, то же касается мяса и надоев молока. Измерения средней массы тела показали, что взрослая особь *Qorti* значительно тяжелее, чем особь *Ayuna*, но особи *Ayuna* набирали больше веса в период дождей.

Географическое распределение обоих типов крупного рогатого скота отражает адаптацию селекционных предпочтений животноводов к деградирующей окружающей среде. Район Уэб (Web) был определен как более предпочтительная среда обитания, где можно разводить *Qorti*, и встречаемость *Qorti* была значительно выше в районе Уэб в сравнении с районом Дида Хара (Dida Hara). В районе Дида Хара, где степень вмешательства извне выше, пастбищная нагрузка росла быстро, социально-экономическая разнородность проявлялась более явно, а во время засухи в период с 1999 по 2001 г. на данной территории наблюдались самые высокие уровни потери скота, в сравнении с остальными территориями местности Борана. На сегодняшний день из-за скоротечного истощения пастбищ, только меньшинство богатых скотоводов могут купить быков типа *Qorti*, на ранке или в государственных селекционных животноводческих фермах.

Ввиду сложившихся обстоятельств, ценность аборигенной эфиопской породы Боран для использования в данной среде обитания снизилась. Животноводы признали, что крупный тип *Qortis* находится под угрозой постепенного исчезновения на пастбищах местности Борана. Тип *Qorti* не считался конкурентоспособным в условиях дефицита подножного корма. Во многих домохозяйствах держали либо только особей типа *Ayuna*, либо лишь небольшое поголовье типа *Qorti* на низком уровне эксплуатации. Дефицит пастбищных угодий и растущая периодичность засух наряду с тревожным обнищанием большей части населения были определены как основные причины генетической эрозии. Любая попытка сохранения представителей крупного рогатого скота чистой эфиопской породы Боран потребовала бы улучшения количества и качества кормовых ресурсов для животноводов.

Вставка 6.3 Продолжение.

Множество взаимосвязанных факторов осложнили контроль над природными ресурсами. В животноводческих сообществах считают, что упадок начался в 1970-х, когда были начаты прогрессивные воздействия извне. Наблюдая за деградацией пастбищ и осознавая упадок общественного капитала, они все же считали, что традиционные стратегии производства незаменимы для надлежащего управления пастбищными угодьями, но также подчеркивали необходимость вспомогательных услуг официальных властей. Необходимо создание структуры для продолжительных переговоров, в том числе улаживание конфликтов и арбитраж между разными группами интересов. Обеспечение платформы для продолжительных переговоров среди сторон, заинтересованных в природных ресурсах на более широком масштабе будет способствовать появлению кооперативных общественных структур, развитию регулированию сообществом связей с посторонними и повышению качества координации деятельности извне. Преимуществами такой формы переговоров являются облегчение адаптивных инноваций, отказ от вредных методов работы и арбитраж противоречивых требований. Недостатки включают злоупотребление служебным положением и неравный доступ к информации, рост коммерциализации и политические союзы, подвергающие уязвимые группы еще большему манипулированию.

Предпосылками применения такого институционального подхода являются потребность в достаточно прагматичных политических концепциях, интеграции исследовательских программ и программ развития и социально-экономических и экологических направлений деятельности, а также меры содействия разным заинтересованным группам в достижении консенсуса в отношении точно распределенных режимов землевладения и ролей. Успех в большой степени зависит от политических, чем технических вопросов, и, несомненно, зависит от готовности всех субъектов обмениваться информацией и сотрудничать в сфере укрепления потенциала (Grell и Kirk, 2000; Thebaud и Batterbury, 2001).

Источник: Homman и др. (2004).

репродуктивной способности, так как низкая способность к воспроизводству влияет на поголовье и продуктивность, а также в надое молока и выходе мяса. Как и в случае с быками, предпочитают коровы крупного телосложения, так как этот параметр влияет на рыночную стоимость животных (Тапо и др., 2003) (см. вставку 6.2).

Согласно ситуационному исследованию, проведенному в Северной Нигерии (Hoffmann, 2003; вставка 6.4) распределение пород на определенных типах местности разнообразно в пространственном отношении и сезонно, кроме того, разные группы производителей держат те породы, которые обеспечивают их необходимыми товарами и услугами, подходящими для их экологической ниши и системы производства.

Рабочие характеристики, приспособляемость и устойчивость к заболеваниям

большинства пород в развивающихся странах не регистрировались систематически, по данным критериям доступен лишь небольшой объем информации. Генетическое разнообразие домашнего скота преобладает в развивающихся странах мира, где практически не ведется документация по животным, а опасность исчезновения высока и все еще растет. Ценность аборигенных пород домашнего скота недооценивается, когда во внимание принимается только товарная продукция, а множество функций и устойчивая производительность игнорируются. Адаптация к неблагоприятным условиям производства – это уникальное свойство многих аборигенных пород, которые сложно зарегистрировать в полевых условиях. Проведение количественной оценки местных пород в традиционных условиях обитания представляется сложным ввиду отсутствия данных для определения вида животного и проверки эксплуатационных качеств. Качественная оценка была проведена несколькими группами сравнительно недавно при помощи совместной оценки приоритетов и предпочтений животноводов и их сообществ, в основном, в традиционных или преобразованных традиционных животноводческих системах. Методологический прогресс показан в специальном выпуске *Экологический Экономикс (Ecological Economics)* (2003) под названием «Оценка генетических ресурсов животных». Помимо партисипаторных методов, для оценки генетических ресурсов животных были успешно применены разные экономические инструменты, такие как совместный анализ (Тано и др., 2003) и гедонистическая модель ценообразования (с учетом изменения качества продукции) для оценки предпочтений потребителей определенных признаков свойств и пород на животноводческих рынках (Mohammed, 2000 по верблюжьим рынкам; Jabbar и Diedhiou, 2003 по крупному рогатому скоту). Растущий интерес к местным породам и управлению генетическими ресурсами животных также отражен в литературных источниках (Köhler-Rollefson, 2000; Mhlanga, 2002).

Как животноводы и земледельцы поддерживают породы?

Существует значительная разница в стратегиях контролирования селекции домашнего скота в животноводческих сообществах по всему миру (Blench, 2001). Кастрация самцов приемлема в некоторых сообществах, а разделение животных по половому признаку сложно осуществить в условиях стадного и свободного выпаса (вставка 6.5). Некоторые животноводы держат настолько большие стада, что они могут отбирать племенных животных из своего стада и часто отдают предпочтение определенным породам (Köhler-Rollefson, 2003);

Вставка 6.4 Управление биоразнообразием в системах пастбищных и земледельческо-скотоводческих хозяйств в Западной Африке: Ситуационное исследование в Северо-западной Нигерии

Крупный рогатый скот является основным источником доходов для животноводов и земледельцев-скотоводов в северной части Западной Африки. Выполняет следующие задачи: дает молоко, мясо, навоз и служит тягловой силой, а также выполняет функцию сбережений и страхования. Состав животноводческих стад, в частности крупного рогатого скота, был проанализирован с точки зрения половозрастных групп отдельных стад (fdlpcs, 1992a, 1992bг; Vabi, 1993). Во время проведения интервью сложно получить данные по численности домашнего скота в северной части Нигерии. Во-первых, животноводы неохотно дают информацию о численности своего поголовья скота по культурным соображениям, и, из-за боязни налогообложения. Во-вторых, методы управления риском в экологически и экономически крайне изменчивых условиях усугубляют проблему получения точных данных. В число таких методов входит распространенный обмен животными в социальных структурах, разукрупнение стад в управляемые единицы, которые можно пасти вдали от фермы владельца, выпас животных разных владельцев в одном стаде.

Информация о плотности стада для данного ситуационного исследования была получена в результате подсчетов на исследовательских участках в заповеднике Замфара на северо-западе Нигерии (Schaefer, 1998). Данные подсчета животных затем были переведены в условные единицы поголовья тропического скота (tlu) равной 250 кг живой массы.

На протяжении всего года, среднее поголовье скота составляло 0,84, поголовье овец - 0,55, а поголовье коз - 0,38 на один гектар пастбищных угодий с учетом того, что плотность поголовья составляла 0,81 tlu/га. Данная плотность поголовья превышает рекомендуемые нормы. Самая высокая плотность поголовья крупного рогатого скота наблюдалась в августе на отметке 2,3 голов/га. Это совпадает с пиком выпадения дождевых осадков, нормой роста растительности и объемом кормовых ресурсов на пастбищах количественном и качественном выражении. Непрерывно снижающаяся плотность поголовья на пастбищных угодьях во время сухого сезона отражает снижение объема кормов и воды, за которым следует миграция гуртоправов за пределы заповедника Замфара. На пахотных землях скота не было обнаружено в сезон дождей, когда доступ к ним был запрещен сельскими органами власти. Плотность поголовья крупного рогатого скота поддерживается на уровне 1,6 голов/га пахотных земель с декабря по март, затем плотность стремительно снижается. В отличие от этого, плотность поголовья мелкого жвачного скота постепенно снижается с 0,3 до 0,1 животных/га в сухой сезон. Высокая плотность поголовья домашнего скота способствует внесению питательных веществ на земли благодаря навозу (Hoffmann и др., 2001).

При проведении опроса путем различных методов, животноводы и земледельцы-скотоводы среди представителей народности Фула (Fulani) на территории заповедника сообщили разные числовые данные о поголовье

Вставка 6.4 Продолжение на следующей странице.

Вставка 6.4 Продолжение.

домашнего в пределах от 69 до 75 голов скота, от 33 до 43 голов овец и от 34 до 36 голов коз (Kyigwom и др., 1994). Стада крупного рогатого скота такой же численности, но стада мелкого рогатого скота меньшей численности наблюдаются среди представителей народности Фула, живущих в Северном Камеруне (Vabi, 1993). Размер стада представителей народности Фула больше, чем у народности Хауса (Hausa): 77% фермеров Хауса держат в среднем по 13 овец, а 75% фермеров держат по 11 коз. Они также держат несколько голов крупного рогатого скота, в основном самцов для тягловой силы, но 7% фермеров держат более 10 голов крупного рогатого скота.

Численность крупного рогатого скота и мелких жвачных животных на одно стадо не отличается между пахотными и пастбищными угодьями. Среднее поголовье скота в 1264 стадах составляло 20,2 (в пределах от 1 до 183). Поголовье двух третей всех стад составляло не более 20 голов домашнего скота. Хотя наблюдение за стадами не позволяет делать непосредственные заключения о схеме владения, полученные количественные данные можно отнести за счет высокого соотношения мелких стад во владении фермеров, которые держат несколько голов скота с высоким соотношением рабочих быков (Hassan, 2000; Hoffmann и др., 2001). Животноводы сообщили во время бесед, что крупные стада разукрупняются и скот делится на категории. Быки, коровы, молодняк и телята отдельно пасутся для обеспечения оптимального фуража и с учетом способности к передвижению (Schaefer, 1998).

Основными экотипами или породами на данной территории являются *Бунаджи* (*Bunaji*) (фулани белой масти), *Рахаджи* (*Rahaji*) (бороро красной масти) и *Сокото Гудали* (*Sokoto Gudali*). *Рахаджи* – порода мясомолочного направления. *Бунаджи* и *Сокото Гудали* служат дополнительной тягловой силой, *Бунаджи* – порода, в основном молочного направления, а *Сокото Гудали* с развитой мускулатурой дает мясо и служит тягловой силой (fdlpcs, 1992a).

На этой территории 734 стад (58%) составляют одну породу. Если стада относительно чистопородные, отбирается определенный тип животных, способных к воспроизводству. Это подразумевает, что владельцы домашнего скота имеют хорошее представление об адаптации скота для определенных сред и целей, поэтому подбирают быков соответственно. Распространение данных пород значительно влияет на сезоны и регионы в пределах заповедника (таблица вставки 6.4).

Рахаджи, лучшеприспособленная к засушливой среде породы, чаще встречается в северной части заповедника. *Рахаджи* является наиболее престижной породой для животноводов и лучше всех приспособленной к засушливой среде обитания (Blench, 1999). *Бунаджи*, которая является наиболее важной породой в 42% стад на севере, более распространена в центральной и южной части заповедника, где она явно доминирует (62% и 90% соответственно).

Смирность породы возрастает от *Рахаджи* к *Бунаджи* до *Сокото Гудали* (fdlpcs, 1992a). Следовательно, только животноводы держат *Рахаджи*, несмотря на то, где они ведут свое хозяйство. Скот породы *Бунаджи* держат животноводы и земледельцы-скотоводы, а породу *Сокото Гудали* держат только земледельцы (Хауса и Фула). Замена животных породы *Рахаджи* и *Бунаджи* на *Сокото Гудали* в стадах оседлой народности Фула также наблюдалось со стороны Ваби (1993).

Вставка 6.4 Продолжение.

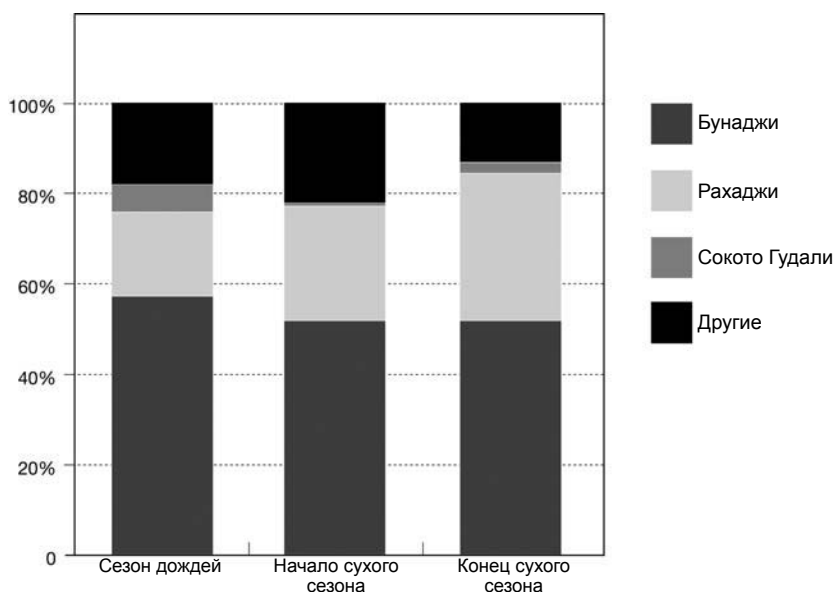


РИСУНОК ВСТАВКИ 6.4 Породы домашнего скота на пастбищных угодьях заповедника Замфара, по сезонам (Schaefer, 1998).

и Бленча (1994). Таким образом, распространенность пород домашнего скота раскрывает преднамеренность выбора определенных пород для определенных целей, для использования и ввиду их способности к адаптации к экологическим условиям.

Ситуационное исследование в заповеднике Замфара показало, что животноводы разработали стратегии использования и управления биологическим разнообразием. В целом, они основываются на местных знаниях о почве, диких и культурных растениях, о домашнем скоте, во временном и пространственном изменении доступа к природным ресурсам, в том числе мобильность и гибкость прав владения, по обмену товарами и услугами внутри систем и между ними, о комбинации деятельности для получения дохода.

Это типичная картина для засушливых территорий Западной Африки, где как животноводческие, так и земледельческие производственные системы управляются, несмотря на изменчивый характер дождей, демографическую экспансию и меняющиеся условия рынка. Все стратегии основываются на высоком уровне разнообразия, гибкости и адаптивности, чтобы лучше справляться с несоизмеримыми величинами.

Источник: Hoffmann (2003).

Вставка 6.5 Кастрация домашнего скота

Кастрация мужских особей – это распространенная стратегия среди животноводов во многих системах. Хотя кастрированные животные становятся более тучными и менее агрессивными (благодаря чему ими легче управлять), неверные решения о генетических признаках некастрированных животных или несчастные случаи с мужскими особями могут ограничить выбор племенных животных в стаде только животными плохого качества. Одной из контрстратегий является использование механических средств для предотвращения воспроизводства; чехлы для половых органов овец и коз широко распространены в Западной Азии. Кастрацию, вероятно, редко практиковали в странах Африки, расположенных к югу от Сахары, из-за риска, который грозит при кастрации самцам в недавнем прошлом; однако, постепенное распространение более совершенного медицинского ухода за животными, данный метод становится более популярным в качестве стратегии. В Андах, к кастрации прибегали в отношении всех видов животных. Кастрация также зависит от общественных институтов для эффективного оборота самцов; в каком-то смысле у данного метода есть структурные сходства с воздействием засух и пыльных бурь. Если слишком мало высококачественных, способных к воспроизводству самцов, когда один самец умирает, эту потерю можно восстановить, только позаимствовав животное за пределами домохозяйства или сообщества. Это работает более эффективно, когда сообщество сплоченное, но может привести сообщества к тому, чтобы брать на себя значительный риск сокращения числа самцов (Blench, 2001).

другие с большим успехом добиваются того, чтобы их стада не смешивались с другими стадами (также из соображений инфекционного контроля), чем того, чтобы контролировать селекцию в рамках своих стад.

Многие народности в Западной Африке, занимающиеся животноводством, на первый взгляд, безразлично относятся к селекции, даже селекции домашнего скота, хотя они достаточно осведомлены о необходимости вносить новые породы, если их стада перемещаются в другую экологическую нишу (Blench, 1994, 1999). Животноводы являются владельцами и управляющими редких и адаптировавшихся пород домашнего скота.

Во многих животноводческих и смешанных сельскохозяйственных системах, существуют традиционные системы обмена животными, которые часто ассоциируются с принципом больших семей среди людей. Родословная человека записывается подробно, и есть смысл в том, что, то же самое должно касаться домашнего скота. Поэтому, домашний скот часто дарят на знаменательные события (рождение, свадьба). Монгольские скотоводы проводят явные параллели между родословными людей и животных, хотя этот процесс был прерван коллективизацией скотоводов, и частичным внедрением

научной селекционной практики (Blench, 2001). Кроме обмена генетическим материалом, обмен домашним скотом также является формой страхования и укрепления социальных связей. Существуют варианты контрактов издольной системы аренды, в которых получатель животного должен поделиться потомством с владельцем (Hassan, 2000; Chagunda и Wollny, 2002; Gondwe и Wollny, 2002).

Генетические ресурсы животных: Изменения и угрозы

Генетическая эрозия генетических ресурсов животных продолжается с возрастающей скоростью. Из 6300 пород, зарегистрированных в РДЖ-ИС, 1350 грозит исчезновение или они уже исчезли. Во всем мире, 35% видов млекопитающих и 52% видов птиц уже вымерли или находятся под угрозой вымирания. В Европе самый высокий процент находящихся под угрозой и вымерших видов животных (55% млекопитающих и 69% птиц), тогда как процентное соотношение в Африке и Азии ниже среднего (таблица 6.2). Все больше беспокоит тот факт, что местные породы либо будут утеряны, либо будут прогрессивно устраняться в результате генетической интрогрессии или кроссбридинга с экзотическими породами. Утеря таких пород приведет к соответствующей утере имеющихся у них генетических признаков, в

Таблица 6.2. Состояние риска видов млекопитающих и птиц на декабрь 1999: В абсолютном выражении в разрезе регионов.

Состояние риска	Африка	Азия и тихоокеанский регион	Европа	Латинская Америка и Карибский бассейн	Ближний Восток	Северная Америка	Итого
Млекопитающие							
Всего видов	632	1,031	2,512	304	562	289	5,330
Неизвестно	205	280	265	116	278	103	1,247
Под угрозой	74	99	857	43	37	69	1,179
Вымерли	39	43	515	27	25	55	704
Риск не грозит	314	609	875	118	222	62	2,200
Птицы							
Всего видов	106	220	611	53	34	25	1,049
Неизвестно	45	99	63	0	0	2	209
Под угрозой	21	43	391	24	7	22	508
Вымерли	0	4	32	0	0	0	36
Риск не грозит	40	74	125	29	27	1	296

Источник: Информационная система по разнообразию домашних животных, в работе Scherf (2000).

некоторых случаях тех, которые формировались в течение многих веков, таких как устойчивость к трипаносомам у крупного рогатого скота, овец и коз; устойчивость к жаркому климату и засухе у коз породы марвари, которые хорошо переносят недостаток питания; или устойчивость к холодному климату у якутского крупного рогатого скота.

Популяциям больше всего грозят нижеперечисленные риски:

- Войны, вредители, вспышки заболеваний (среди животных и людей), и другие стихийные бедствия (например, засухи, наводнения, землетрясения)

- Экологические изменения, глобальное потепление, перемены в агроэкосистемах

- Социальные и экономические изменения, урбанизация, изменения и интенсификация рыночной конъюнктуры, ведущая к «исчезновению фермеров», «исчезновению сред обитания»

- Утрата традиционных источников дохода и культурного разнообразия

- Глобальный маркетинг селекционного материала, в результате чего происходит замещение породы или сорта или поглощение, кроссбридинг местных пород с экзотическими

- Краткосрочные цели, недостаточное признание нынешней или будущей ценности генетических ресурсов животных

- Некачественный мониторинг и управление, нехватка устойчивых селекционных программ

- Неудовлетворительные стратегии развития сектора животноводства, отсутствие систем раннего предупреждения, неподходящая практика восполнения поголовья после стихийных бедствий

- Стратегии землепользования, которые регулируют общие пастбищные территории, перемещают животноводческие общины и ведут к утере пород животных

Экологические изменения

Изменения в природной среде, например, расширение посевных площадей за счет пастбищных угодий, связанные с этим изменения в растительном покрове и землепользование, вырубка леса или охота, в результате чего происходят изменения среды обитания переносчиков болезней животных, или глобальное потепление могут повлиять на сравнительное преимущество пород домашнего скота или даже их видов (Anderson, 2004). На распространенность домашнего скота и продуктивность косвенно влияют изменения в распределении пастбищных угодий или передаваемых переносчиками болезней домашнего

скота (Тапо и др., 2003; см. вставки 6.2, 6.3 и 6.4).

Зона обитания мухи цеце, где крупному рогатому скоту грозит опасность заражения трипаносомозом, переместилась южнее из-за демографического давления и преобразования саванны в сельскохозяйственные земли. Таким образом, несколько сотен тысяч квадратных километров земли на засушливой умеренно-влажной территории Африки теперь свободны от мухи цеце, обычно обитающей в саванне, в результате чего меняется ценность пород устойчивых к трипаносомам и не устойчивых к трипаносомам крупного рогатого скота, овец и коз. Ожидается, что демографическое давление и воздействие человека на окружающую среду приведет к дальнейшему отступлению цеце, а также к сокращению резервуара живой природы. Фермеры предпочитают держать на территориях, свободных от цеце, крупный рогатый скот зебу из-за высокого роста. Местные знания о давлении мухи цеце привело к очень точно отрегулированному распределению устойчивых к трипаносомам и восприимчивых к ним пород на рельефе местности. Джаббар и Дьедхиу (2003) обнаружили, что фермеры предпочитали крупных животных зебу, но восприимчивых к трипаносомам животные породы Фулани белой масти менее крупным устойчивым к трипаносомам животным породы Мутуру или Кетеку, хотя они и признали преимущества последних в отношении устойчивости к заболеванию и неизбирательность в поведении при выпасе. Реге и др. (1994) описывают уникальные преимущества социальной и культурной роли породы Мутуру на юге Нигерии. Преимущества пород, устойчивых к трипаносомам далее снижается на территориях, где уровень заболевания ниже. Таким образом, Мутуру и Кетеку исчезли с территории саванны на юго-западе Нигерии, причем территория их распространения ограничивается лесными зонами. Однако, растущая устойчивость к медицинским препаратам, имеющимся в наличии для профилактики и лечения трипаносомоза, могут служить стимулом к продолжению селекции пород, устойчивых к трипаносомам (Jabbar и Diedhiou, 2003; Тапо и др., 2003; вставка 6.2).

Сочетание таких факторов как сокращение количества осадков на полусухих территориях в странах Африки, расположенных к югу от Сахары и деградация почвы на пастбищных угодьях в результате перевыпаса и культивации земель, привело к значительному сокращению площади лугопастбищных угодий, подходящих для производства жвачных животных, в частности коров и быков. В умеренно-влажной зоне, образуются новые саванны благодаря восстановлению лесов. В случае деградации пастбищных угодий, фермеры выбирают породы с соответствующими стратегиями кормления, будь то снижение потребности в корме или разные виды поведения при выпасе (см. вставки 6.3 и 6.6). Соотношение числа мелких жвачных животных, в

Вставка 6.6 Смена крупного рогатого скота на верблюдов для поддержания плодородности почвы в Юго-западной Нигерии

На севере Нигерии, превалирует система комплексного сельского хозяйства, сочетание земледелия с животноводством, на основе меновых отношений между изолированными группами производителей (McIntire и др., 1992). Мобильность животноводства является неотъемлемой частью данной системы, а передвижение животноводов на определенные участки происходит регулярно. На решение животноводов о выборе маршрутов передвижения главным образом влияют такие факторы как права доступа к воде и пастбищным угодьям и стоимость доступа к пожнивным остаткам. Взаимодействие между животноводами и земледельцами постепенно сменяется более интегрированными системами, в которых на одной ферме комбинируются животноводство с земледелием. Растущее давление перенаселенности – это одна из движущих сил данного изменения. Все чаще скот содержится в стойлах, а не в свободном выгуле на естественных пастбищах. Все в большей мере содержание скота зависит от трудоемкой системы заготовки корма «кошение и транспортировка» (кошение, сбор и транспортировка) из пожнивных остатков, травы и молодых побегов. Деятельность ориентирована на производство навоза, тягловой силы и молока (Mortimore и Adams, 1998). Пожнивные остатки становятся все ценным ресурсом для скотоводов и фермеров.

На протяжении многих лет появились организационные структуры, которые обеспечивают передвижение и способствуют разрешению конфликтов между фермерами и животноводами. Фермеры и скотоводы обменивают пожнивные остатки на навоз, которые являются наиболее доступными единицами для двух участвующих групп. Фермерам требуются собственные пожнивные остатки в качестве корма для собственного поголовья скота. С другой стороны, они крайне нуждаются в удобрениях для восполнения питательных веществ в почве. Перед ними также стоит проблема, заключающаяся в том, что животноводы покидают данный регион и передвигаются на юг из-за дефицита подножного корма и воды в сухие сезоны.

Таким образом, и, в отличие от традиционного удобрения полей навозом скота народности Фула, поля также удобряют навозом верблюдов, являющихся собственностью Туарегов (*Camelus dromedarius*). С недавних пор, мигрирующие на дальние расстояния полукочевые верблюдоводы народности Туарег переняли на себя роль животноводов Фулани в отношении удобрения полей навозом. В селах района Дундайе, первые стада верблюдов были замечены 25 лет назад. Несколько фермеров начали заключать контракты с верблюдоводами в 1985 для удобрения полей навозом; остальные фермеры заключают с ними договора с 1992. Из 14 фермеров, заключивших контракты с верблюдоводами в 1995, 8 уже заключали контракты с тем же верблюдоводом в 1994. Сезонный перегон верблюжьих стад на новые пастбища из Республики Нигер на север Нигерии начинается в декабре и январе, а возвращаются стада в Республику Нигер в начале сезона дождей (май и июнь). Сезонное миграционное перемещение верблюдоводов оказывает значительное влияние на популяцию верблюдов на севере Нигерии, особенно в сухой сезон. Поголовье верблюдов у верблюдоводов и в селах в штатах Сокото, Кебби и Замфара примерно исчисляется 6800 и 36500 животными соответственно (fdlpcs, 1992a, 1992b). Убой верблюдов и

Вставка 6.6 Продолжение.

их применение как упряжных и выючных животных возросло за последние десятилетия (Mohammed, 2000).

В рамках контракта на поставку навоза, животноводы загоняют стада на ночь в загоны на полях в конце сухого сезона, когда на полях не остается пожнивных остатков, а растительность вокруг полей скудна. Животные находятся на подножном корму и ошиповывают кусты в течение дня. Таким образом, загон скота в корраль в конце сухого сезона приводит к образованию цепочки передачи питательных веществ с пастбищных угодий на пахотные земли, причем также в почву вносятся навоз и моча животных. Внесение питательных веществ с пастбищных угодий на обрабатываемые земли обычно оплачивается фермерами. Ввиду приближения следующего посевного сезона, потери азота в результате испарения обычно незначительны в сравнении с унавоживанием полей в начале сухого сезона, когда кормом служат пожнивные остатки (Hoffmann и др., 2001). Содержание питательных веществ в верблюжьем навозе не отличается от его количества в навозе крупного рогатого скота и мелких жвачных животных.

Переход от крупного рогатого скота к верблюдам как к животным, производящим навоз позволил использовать молодые побеги в качестве кормового пласта, который к тому же дает достаточное количество фуража. Верблюды в меньшей степени зависят от травы и дерна и предпочитают молодые побеги на древесных видах растений, которые все еще обильны в данном регионе. Помещение верблюдов в ночное время в загон в конце сухого сезона имеет три преимущества. Во-первых, послеуборочные растительные отходы полностью остаются в распоряжении фермеров как корм для собственного скота. Во-вторых, влияние навоза на состояние питания почвы улучшается, так как он вносится как раз перед началом сезона дождей. В-третьих, учитывая большую долю молодых побегов в рационе питания верблюдов, вероятно то, что верблюжий помет содержит меньше семян травянистых сорняков, чем навоз крупного рогатого скота и мелких жвачных животных.

Источник: Hoffmann и Mohammed (2004).

частности коз к численности крупного рогатого скота возросло после засух в Сахели в середине 1970-х и в 1980-х, а поголовье одногорбых верблюдов все еще увеличивается. Причина состоит в том, что показатели устойчивости к засухе и адаптации к скудным источникам корма выше всего у одногорбых верблюдов, за ними следуют козы, овцы, и на последнем месте крупный рогатый скот. Следовательно, фермеры используют лучше всего приспособленные породы, имеющиеся в наличии среди каждого вида животных. В Западной Африке, например, это привело к предпочтению породы крупного рогатого скота *Сокото Гудали*, а в Южной Африке к предпочтению породы крупного рогатого скота *Нгун*, которые более приспособлены свободному выпасу (Blench, 1999; Bester и др., 2002; вставка 6.7).

Вставка 6.7 Опыт реализации широкомасштабного проекта по улучшению генетического качества овец в рамках системы открытого племенного ядра на горных пастбищах Перу

Здесь описан опыт разработки и реализации системы селекции овец на основе низкого уровня начальных капиталовложений, направленных на повышение уровня жизни крестьянских общин в Андах. Целевые сообщества находятся в Сьерра Централ, изолированной местности среди высоких горных хребтов (4,000–4,500 метров над уровнем моря) к востоку от Лимы с умеренно-влажным холодным климатом, которые держат овец, альпака и крупный рогатый скот, в порядке значимости, в экстенсивных животноводческих, семейных, общинных производственных системах и системах на основе нескольких сообществ. Обычно, в семейных стадах поголовье овец составляет 30– 400 животных, которые содержатся вблизи дома владельца и обеспечивают основные средства к существованию семьи. Поголовье общественного стада составляет около 4000 овец, которых держат как одно стадо на общественной земле вблизи сельской общины. Доходы от производства мяса и шерсти этих стад распределяются между членами сообщества (около 1000 семей). Стада, которых держат несколько общин (в среднем 6–10 сообществ), были получены в результате экспроприации частных земель и горнодобывающей компании. Поголовье таких стад составляет 100000 овец, которых держат на нескольких участках, но к ним применяются единые общие условия селекции. В разных производственных системах существуют различия в селекционной инфраструктуре, организационном потенциале и степени использования технологий, что, в свою очередь, приводит к различиям в производственных параметрах.

Большая часть овец породы корридейл или аборигенных типов овец с различными уровнями повышения качества предназначены для двух целей (мясо и шерсть). Масса тела сопоставима с массой животных в коммерческих стадах в более благоприятных для селекции регионах Южной Америки, однако хотя вес овечьей шерсти мал, а качество и однородность шерсти не соответствуют стандартам. Селекционеры подыскивают племенных животных повышенного качества, в частности, с учетом постоянных сигналов рыночной конъюнктуры о спросе на более тонкое высококачественное волокно. Бараны могут быть местного производства, куплены или получены в результате обмена, произведены в изолированных отарах для выращивания баранов, или ввезены. Нет генетической структуры, которая бы полностью охватывала популяцию корридейл. Кроме того, не ведется учет производительности или племенной учет; все решения, касающиеся отбора животных, основываются на визуальной оценке животных, так, даже в многочисленных популяциях, владельцами которых являются несколько сообществ, нет официально разработанных селекционных программ.

В Сьерра Централ нет ни государственной, ни частной консультативной сельскохозяйственной службы. Исследования по животным и деятельности по развитию тормозились терроризмом и производством, а также рыночными трудностями. В 1996 в Сьерра Централ были начаты совместные мероприятия Перу и Аргентины по созданию овцеводческих программ, где отправным пунктом деятельности явился анализ традиционных систем селекции. После

Вставка 6.7 Продолжение.

двух лет обсуждений, семь сельскохозяйственных общин и одна компания на основе нескольких сообществ пришли к соглашению о разработке программы селекции, направленной на увеличение объема производства шерсти и создания соответствующих служб распространения знаний с целью использования существующих селекционных технологий в полном объеме.

Решения о стратегии селекции заключались в создании коллективной структуры селекции для производства и поставки баранов для всей популяции корридейлов в регионе, которая может быть и менее эффективной, но дает больше возможности для расширения деятельности и обеспечения устойчивости.

Каждое участвующее село заводит отару овец для размножения животных (у нескольких сел уже были такие отары) и предоставляет лучших овцематок в центральное ядро. Компания с участием нескольких сообществ участвует на правах вспомогательного члена организации, поставя самых первоклассных овец. Для оптимальной структуры открытого племенного ядра необходима концентрация лучших овцематок в ядре, производится выбраковка состарившихся овец, которые замещаются ярочками до первой стрижки, имеющимися в ядре и участвующих отарах соразмерно тщательности отбора (Mueller, 1984). Однако отсутствие учета производительности и генетических связей препятствует точному отбору животных для стада. Кроме того, каждый участник хотел бы получить равный доступ к баранам. Следовательно, из каждой отары выделяется равное количество овец-родоначальниц. Это явно неэффективно, но приемлемо для обеспечения общности интересов групп.

С учетом необходимых баранов, эффективного темпа размножения, коэффициента спаривания, возрастной структуры и толерантности к инбридингу, минимальная численность центрального ядра была установлена в размере 250 овец и 6 баранов, а минимальное поголовье воспроизводителей составляла 200 овец и 4 баранов. Сначала была использована замороженная сперма трех аргентинских баранов, представленных на безвозмездной основе Аргентинской ассоциацией селекционеров корридейлов и три дополнительных барана, переданных в дар компанией на основе нескольких сообществ. Местные бараны славятся хорошей репутацией, а ввезенные бараны показали себя в других местах. В центральном ядре планируется вести учет производственных характеристик (отъемная масса, вес руна) и племенных книг; предполагается интенсивное использование лучших производителей, проверенных по потомству. Учет продуктивности планируется вести и для животных-воспроизводителей. Предполагается, что операционные проблемы будут препятствовать восходящему потоку генов.

В конечном итоге, в июне 1997, 432 овец были искусственно осеменены в центральном ядре, половина из них при помощи лапароскопии замороженной спермой, а другая половина спермой местных баранов. Проверка ягнят по потомству показала, что экзотические производители лучше местных животных-производителей по таким показателям как вес и качество овечьей шерсти, но хуже по массе тела. Каждый год половина поголовья овец с ягнятами возвращались в села, предоставившие их, что заложило основу для отар, предназначенных для размножения животных. В 2001 число участников увеличилось до 15, поголовье

Вставка 6.7 Продолжение на следующей странице.

Вставка 6.7 Продолжение.

овец в центральном ядре - до 300 овец. Большинство стад для размножения достигли желаемого размера. В ядре, годовалые барашки проверяются на соответствие эксплуатационных характеристик и классифицируются визуально. Лучшие бараны используются в ядре и для овец-воспроизводителей. Общее поголовье овец в программе составляет около 160000 животных.

Участники разумно подчеркнули необходимость технического содействия. Был проведен анализ вариантов действий на основании опыта в других сферах и ожидаемых ресурсов. В конечном счете, лидеры сообществ согласились передать землю университету для создания Центра для исследований и подготовки крестьян (ЦИПК), в котором находится центральное племенное ядро, а также служит показательной фермой. В ЦИПК проводятся учебные курсы по критериям визуального отбора, мероприятиям по воспроизводству и медицинскому осмотру, классификации шерсти и искусственному осеменению. Фермеры высоко оценили деятельность ЦИПК и продлили соглашение еще на пять лет. Возможно, это было единственное важное решение, принятое для будущего данной программы.

Основным положительным результатом программы был социальный. Сотрудничество и взаимодействие между участниками побудили обсуждения по техническим и операционным аспектам селекционных программ и другие аспекты, влияющие на села (в том числе, вопросы маркетинга, права и безопасности). Организация ЦИПК была необходима для обучения, создания атмосферы доверия и вовлечения фермеров, привлекла внимание частного и общественного, национального и международного сотрудничества и спонсорства. Возникло больше операционных трудностей, чем предполагалось, в основном, из-за того, что предполагаемые навыки ведения животноводства не соответствовали реальности. Тщательность отбора не растет, как планировалось, потому что остается много проблем в сфере учета производственных характеристик.

Источник: Mueller и др. (2002).

Такое повсеместное перемещение популяции крупного рогатого скота в южном направлении в Сахели также привело к перемещению так называемых линий выючных перевозок, так как на севере и юге от Сахели использование тягловой силы животных для подготовки полей невозможно (Blench, 1999; см. вставку 6.6). В Восточной и Южной Африке, где засуха затронула большую часть региона с 1980, фермерам пришлось сменить крупный рогатый скот на более устойчивых к засухе ослов в качестве рабочих животных.

Что касается изменения климата, компенсационные мероприятия различаются в зависимости от типа и степени изменений. На начальном этапе, животноводы могут приспособиться к изменению климата путем изменения практики управления в регулируемых системах животноводства (кондиционирование воздуха, изменения в пастбище и рационе питания).

В экстенсивных системах, стада также могут переместиться в более благоприятные условия, например, на возвышенности. Возможно внедрение более жароустойчивых пород, но это грозит снижением производственного потенциала. Если сложно поддерживать продуктивные породы, возможен вариант выбора более устойчивых пород, как показано на примере из Сахеля. В целом, коммерческие и интенсивные системы животноводства имеют больший потенциал к адаптации путем внедрения технологических изменений, тогда как для экстенсивных животноводческих систем или натуральных хозяйств, где уровень внедрения технологий низок (Anderson, 2004) целесообразно сменить вид животных.

Социальные и экономические изменения

Развитие социальной и экономической обстановки влияет на использование и выживание генетических ресурсов домашнего скота. Некоторые наиболее ценные и представляющие наибольший интерес генетические ресурсы животных (например, выносливость и поведенческие признаки) сохраняются традиционными сообществами, в частности животноводами в суровых природных условиях. Молодежь в этих этнических группах уже больше не привлекает скотоводство, они предпочитают переезжать в города в поисках работы, таким образом, теряя врожденные знания (Köhler-Rollefson, 2003). Расширяющиеся возможности трудоустройства вне сельского хозяйства в некоторых развивающихся странах имеют несколько последствий, которые могут ускорить потерю традиционных местных пород, которые в основном используются в качестве источника к пропитанию или как запас ценных товаров; появилась тенденция к замещению товаров домашнего изготовления приобретаемыми товарами, у семей фермеров остается все меньше времени, чтобы следить за домашним скотом и денежное хозяйство наряду с банками представляют альтернативу для хранения ценностей (Tisdell, 2003). Также, наличие моторных средств передвижения, стационарных двигателей и электричество сокращают потребность в тягловой силе животных. Таким образом, расширение рыночных систем и связанных с ними изменений могут иметь важные последствия для выживания местных пород. Хотя воздействие таких обстоятельств очевидно в широком смысле, мало известно об их воздействии на разнообразие домашнего скота. Там, где политика в сфере животноводства непосредственно повлияла на генетические ресурсы домашнего скота, не была зарегистрирована чистая себестоимость и преимущества такой политики, не были определены политическая обстановка или стратегии,

которые способствовали их сохранению и правильному использованию.

Могут возникнуть конфликты интересов в деле обеспечения целей продовольственной безопасности и агробиоразнообразия. Из-за большой степени вертикальной интеграции и экономической эффективности товарного птицеводства и свиноводства, высокое соотношение промышленной птицы и свинины в общем рыночном предложении облегчает возможность странам достичь целей продовольственной безопасности. Также, возможно будет легче добиться соответствия стандартам безопасности пищевой продукции, благодаря удобству управления стандартизированными производственными условиями. Забота об окружающей среде также может повлиять на структурные изменения. Птицеводство в Малайзии планируется переместить из нынешних сельскохозяйственных площадей в более отдаленные районы из-за растущего уровня урбанизации и необходимости крупномасштабного производства. Птицеперерабатывающие предприятия и птицефермы должны стать более экологически благоприятными, а продукция птицеводства должна соответствовать санитарным и фитосанитарным требованиям. Недавние вспышки инфекционных заболеваний, таких как птичий грипп, могут также послужить основой выводов для экономической политики и структурных воздействий. Одним из вариантов действий является содействие производственным системам, в которых легко предпринимаются меры обеспечения биологической безопасности. Еще один вариант – это признание того факта, что очаг заболеваний существует среди поголовья кур, в основном местных пород, в частных подворьях, в то же время, поощряя вакцинацию и улучшение охраны здоровья животных. Однако, по всей видимости, страны-экспортеры, например Таиланд, уделяют основное внимание массовому производству, однообразной генетике и мерам обеспечения биологической безопасности.

Расширение рынков и экономическая глобализация, в том числе глобальный маркетинг экзотических пород, внесли значительный вклад в потерю местных пород в результате беспорядочного кроссбридинга (Tisdell, 2003; ФАО, 2001; см. главу 17). Несмотря на высокое содержание жира в молоке зебувидного и криольского крупного рогатого скота в Латинской Америке в сравнении с европейскими породами, их продолжают скрещивать с экзотическими породами, и некоторые криольские породы находятся под угрозой исчезновения.

В развивающихся странах, воздействие ввоза экзотических пород многогранно и затрагивает социально-экономическое и генетическое разнообразие. Импорт экзотических пород в производственную среду, подходящих для них экономически выгодно для отдельных импортеров, как

в случае с направлениями промышленного птицеводства, импортированных для промышленных производственных систем. С другой стороны, есть много примеров, когда улучшение местных пород и программы кроссбридинга в развивающихся странах (например, «Операция «Петля» (Operation Coque)» в Западной Африке), в целом, потерпели неудачу, так как животные не смогли функционировать и даже выжить в суровых, нездоровых, условиях, что нанесло экономический ущерб мелким товаропроизводителям. Во многих случаях интродукция экзотических пород в животноводческие системы пастбищного типа оказалась безуспешной. Следовательно, потеря местных генетических ресурсов животных в результате таких непосредственных мер воздействия может быть низкой. Местные генетические ресурсы животных, возможно, находятся в большей опасности из-за косвенного воздействия рыночной конкуренции, если интенсивный коммерческий сектор завоюет определенную долю рынка в стране. Это может произойти, даже если рынки для местных пород и промышленных пород скота или животноводческой продукции подвергнутся сегментации. В таких случаях, источники дохода для фермеров, которые держат менее продуктивные породы скота, с помощью которого они поставляют продукцию на данные рынки, могут оказаться под угрозой, и, если они останутся в производстве, для них может оказаться экономически нецелесообразно держать местные породы скота.

Заключение

Программы улучшения генетических качеств в развивающихся странах оказались безуспешными в значительной степени из-за несоответствующих стратегий, отсутствия инфраструктур и потенциала. Большинство мероприятий по улучшению генетических качеств концентрировались локально, а сфера их применения ограничена. При отсутствии важной информации о генетических ресурсах, многие программы по улучшению качества домашнего скота к настоящему времени не сумели стратегически целенаправленно воздействовать на наиболее подходящие генетические ресурсы, что привело к неэффективному использованию ограниченных средств. Доступ бедных фермеров к улучшенным источникам генетических ресурсов животных был ограничен. Однако генетические характеристики местных пород представляют собой резерв рациональных решений, касающихся устойчивости к заболеваниям, выживания и эффективного производства. Эти характеристики часто упускаются из вида при поиске технологических и управленческих решений отдельных проблем производства животноводческой продукции

в системах с низким уровнем начальных вложений. В частности, в крайне неблагоприятных условиях, для обеспечения высокой функциональности пород необходимы затраты на приведение производственных условий в соответствие с необходимыми требованиями, которые могут превышать затраты на улучшение пород, приспособленных к местным условиям (Wagner и Hammond, 1999).

Необходимо разработать селекционные программы для систем, на основе низких начальных вложений. Есть база знаний, чтобы начать программы улучшения генетического качества во всех животноводческих системах. Несмотря на то, что есть возможности повышения качества генетических ресурсов домашнего скота, в системах с низким уровнем капиталовложений, все же необходимы инвестиции. Были достигнуты некоторые успехи в недавно организованных схемах открытого племенного ядра, в которых животноводы обменивают своих животных на особей из улучшенных стад, как в Уганде. В рамках таких программ, проводят работу с животными, которые генетически близки к особям в стадах животноводов, причем скот содержится в условиях, которые схожи с условиями животноводства пастбищного типа (см. вставки 6.7 и 6.8).

Сохранение и использование генетических ресурсов домашнего скота в условиях *in-situ* в немалой степени зависят от благоприятной политической обстановки. Новейшие селекционные системы будут способствовать управлению генетическими ресурсами животных, только при условии того, что будет уделяться одинаковое внимание генетическим аспектам и социально-экономическим факторам. Следовательно, необходимо принимать во внимание такие аспекты как организационная сущность селекционных инициатив, институциональные требования, социально-экономические факторы, самобытность культуры людей, которые держат домашний скот. Также, в результате это приведет к лучшему пониманию несовпадения целей фермеров и животноводов, когда обе стороны институционально разделены. Стратегическая концепция управления генетическими ресурсами животных на основе сообществ соответствует их сохранению в условиях *in-situ* путем применения, обеспечения сохранения роли аборигенных пород в производственных системах. В перспективе такой подход может быть рациональным и экономически выгодным, если аборигенные породы останутся или станут экономически привлекательными для своих владельцев (Rege, 1999), а это предусматривает улучшение генетических качеств местных пород.

Селекция для производственных систем с низкими капиталовложениями будет все еще оставаться задачей общественного сектора и может

поддерживаться со стороны производственных кооперативов или селекционных программ на основе сообществ (см. вставки 6.2, 6.3, 6.7 и 6.8). Однако, учитывая альтернативы, динамизм и адаптацию по определению присущих традиционным знаниям и производственным системам с одной стороны и ограниченность ресурсов для охранной деятельности в общественном секторе с другой стороны, неизбежна некоторая степень утери местных пород. Наиболее важными для развития генетических ресурсов животных в условиях *in-situ* являются поддержание или создание условий, в которых животноводы смогут принимать информированные решения о собственных системах сельскохозяйственного производства и необходимых породах. Необходима четкая формулировка о том, что агробиоразнообразие существует благодаря фермерам, и его не будет без их активного участия, а у местных пород появится возможность выживания в будущем, если их продукция будет потребляться. Нишевые рынки и региональная продукция могут играть важную роль.

В национальных стратегиях развития сектора животноводства необходимо принимать во внимание генетические ресурсы животных, требующиеся для достижения целей развития. Вследствие этого, правительствам стран необходимо учитывать многообразие компромиссных решений и определение их позиции наряду со спектром вариантов между двумя крайностями, таких как общественные в противоположность частным инвестициям, крупномасштабные в противоположность мелким фермерским хозяйствам, создание рабочих мест в противоположность самостоятельной занятости мелких собственников, продовольственная безопасность в противовес агробиоразнообразию, а также безопасность пищевой продукции в противоположность разнообразию продуктов питания. В национальных и международных стратегиях следует определить задачи и принять решения в отношении управления породами, культурного разнообразия и генетической изменчивости. Такие решения будут оказывать влияние на методы селекции и сохранения пород, а также на необходимое финансирование. Кроме того, такие решения влияют на исследования и технологии, необходимые для определения характеристик и бонитировки. Необходимо партнерство между государственным и частным сектором для достижения множества поставленных задач. В целом существует острая необходимость в повышении уровня осведомленности о ценности генетических ресурсов животных для продовольствия и сельского хозяйства.

Вставка 6.8 Ситуационное исследование крупного рогатого скота породы Нгуни в Южной Африке

В железном веке кочевники впервые ввели крупный рогатый скот породы Нгуни в Южной Африке примерно в 600 году н.э. Такой скот, не требующий особого ухода, идеально подходит для коллективных систем земледелия оседлых народов и, насколько это возможно установить, остался неизменным на протяжении следующего тысячелетия. В эпоху европейской колонизации в середине XIX века и последующего усвоения колониального земледелия как образца для подражания привело к интродукции экзотических пород, которые, в конечном счете, ослабили и истощили исходный генофонд приспособившегося домашнего скота. Дополнительные изменения, например, изменения на политической арене, урбанизация, крах культурных убеждений и отказ от традиционных агротехнических приемов, и стихийные бедствия усугубили ситуацию.

Тот факт, что местные породы начали считать неполноценными, привел к изданию акта в 1934 , согласно которому популяции аборигенных пород и разновидностей скота считались беспородными животными (не подлежащими классификации). Инспекторы были уполномочены осматривать быков на территории сообщества кастрировать, если они считались низкокачественными. К счастью, акт был действителен только в первые годы своего существования, так как он оказался непопулярным среди владельцев скота. В стране была создана структура, которая позволила внедрить породу Нгуни в расширяющийся коммерческий сектор, а подробный племенной учет способствовал улучшению породы. Таким образом, в то время как порода улучшалась в коммерческом секторе, в сельской местности происходило ослабление породы из-за кроссбридинга и ее замены экзотическими породами. Это происходило из-за того, что скот Нгуни считался качеством ниже крупных экзотических пород, несмотря на тот факт, что Нгуни не требовали особого ухода и идеально подходили к сельскохозяйственным системам коллективных фермеров с низким уровнем капиталовложений. К счастью, выносливость, присущая этой породе, позволила ей выжить и все еще можно найти немногочисленное поголовье чистопородных животных в сельских сообществах.

Недавнее осознание того, что данная выносливая порода уникальным образом приспособлена к условиям Южной Африки, привела к тому, что ее оценили и начали развивать в коммерческом секторе. В 1985 был назначен комитет для того, чтобы сообщить о целесообразности создания банка зародышевой плазмы аборигенных пород домашнего скота в искусственных условиях, а также для контроля импортированной спермы экзотических пород.

Порода Нгуни, поедающая растения выборочно, способна получить оптимальное количество питательных веществ из имеющейся естественной растительности, что позволяет ей выживать в условиях, не подходящих для пород, плывущих выедающих растительность, какими являются европейские породы крупного рогатого скота. С точки зрения темперамента, Нгуни очень смиренные. Другие адаптивные характеристики позволяют Нгуни передвигаться на дальние расстояния в поисках подножного корма и воды. Также сообщают об их устойчивости к экстремальным температурам и лучше поддерживают физическое состояние зимой, чем симментальская порода.

Вставка 6.8 Продолжение.

Нгуни в настоящее время считается источником генетического материала подходящего к стилю управления и потребностям новых местных фермеров, которым необходимы животные, не требующие особого ухода и высокопроизводительные животные. Согласно результатам начальной оценки Нгуни, у породы есть потенциал в мясном направлении как в экстенсивных, так и интенсивных фермерских системах. Сравнение массы тела коров и репродуктивной функциональности Нгуни с другими породами показало, что Нгуни является наиболее способной к воспроизводству мясной породой в Южной Африке. Было также доказано, что она идеально подходит в качестве линии самок-производителей в терминальном кроссбридинге. Кроме того, благодаря таким признакам как устойчивость к жаркому климату, клещам и болезням, она является идеальной породой крупного рогатого скота для систем экстенсивного сельскохозяйственного производства.

В прошлом, проекты внедрения экзотических пород крупного рогатого скота в общинный сектор всегда завершались безуспешно из-за введения сложных технологий, которые увеличили объемы производства выше пределов устойчивости. Текущие проекты разработаны с целью стимулирования реинтродуцирования выносливой, не требующей особого ухода породы Нгуни в общинном секторе, чтобы остановить влияние менее приспособленных экзотических пород. Реинтродукция дополняется вспомогательными техническими средствами для усовершенствования управления и системы маркетинга с целью оказания содействия реализации животных по рыночным ценам. Кроме того, создаются стимулы, чтобы сообщества образовывали товарные группы или фермерские организации для создания инфраструктур, позволяющих принимать решения на основе консенсуса сообщества.

Источник: Bester и др. (2002).

Глоссарий

порода: Подвидовая группа домашнего скота, с определяемыми и неопределяемыми внешними характеристиками, которые позволяют выделить ее при визуальной оценке среди схожих видов животных, или группа, которая из-за изоляции ввиду географических или культурных условий считается отдельной породой от фенотипически схожих групп.

Примечание: Породы выводились в соответствии с географическими и культурными различиями, а также в целях удовлетворения потребностей человека в пище и сельском хозяйстве. В этом смысле, *порода* не является техническим термином. Различия как визуальные, так и другие между породами обуславливают разнообразие каждого вида

домашних животных. *Порода* часто воспринимается как культурный, а не технический термин. **Приспособившиеся к местным условиям породы** находились в стране достаточно долго, чтобы генетически адаптироваться к одному или нескольким традиционным производственным системам или экологическим условиям страны. **Местные породы**, которые также называются автохтонными или местными породами, которые произошли, адаптировались и используются в определенном географическом регионе, составляют подгруппу пород, приспособившихся к местным условиям (ФАО, 2001). **Экзотические породы** разводят на территории, отличной от той, на которой порода была создана и включает породы, которые не приспособились к местным условиям. В число экзотических пород входят **недавно интродуцированные породы**, которые были импортированы в течение короткого периода времени на протяжении примерно пяти поколений, и **постоянно импортируемые породы**, местный генофонд которых пополняется из одного или более источников за пределами страны. Многие породы используются в интенсивных производственных системах или реализуются международными селекционными компаниями в данной категории.

породы под угрозой исчезновения: Любая порода, которая может исчезнуть, если факторы, вызывающие уменьшение ее численности не будут устранены или смягчены. Породы могут находиться под угрозой исчезновения по ряду причин. Риск вымирания может быть обусловлен низкой численностью популяции; прямого и косвенного воздействия политики фермы, страны или международного уровня; отсутствие правильной организации породы; недостаточная адаптация к требованиям рынка; или предполагаемая низкая производительность. Породы классифицируются согласно статусу риска на основе фактической численности племенных самцов или самок и процентного соотношения чистопородных самок.

исчезнувшая порода: Популяция породы не может быть воссоздана. Ситуация становится таковой, когда не остается племенных самок или самцов. В действительности, исчезновение можно предвидеть задолго до того момента, когда будет утеряно последнее животное, гамета или эмбрион.

генетические ресурсы сельскохозяйственных животных (Генетические ресурсы животных): Виды животных, которые используются или могут быть использованы для производства пищи или сельскохозяйственной продукции, а также популяции внутри них. Данные популяции внутри каждого вида могут быть классифицированы как дикие и неприрученные популяции, местные породы и первичные популяции, стандартные породы, отселекционированные линии, разновидности, элита, и любой сохраненный

генетический материал, который в настоящее время в полном составе классифицируется как породы (ФАО, 2001).

популяция: Генетический термин, который при его использовании с генетической точки зрения определяет группу межпородного скрещивания или может относиться ко всем животным данной породы. Генетический состав популяции определяется генетикой всех животных популяции и передачей из поколения в поколение образцов генетической изменчивости, присущих данной популяции (ФАО, 2001).

Литература

- Anderson, S. 2004. *Environmental Effects on Animal Genetic Resources*. FAO Background Study Paper No. 28. Rome: fao.
- Bayer, W., A. von Lossau, and A. Feldmann. 2003. Smallholders and community based management of farm animal genetic resources. In *Proceedings of the Workshop on Community Based Management of Animal Genetic Resources. A Tool for Rural Development and Food Security*, 1–12. Mbabane, Swaziland, May 7–11, 2001. Rome: fao.
- Behnke, R. H. and N. Abel. 1996. Revisited: The overstocking controversy in semi-arid Africa. *World Animal Review* 12:5–27.
- Bester, J., L. E. Matjuda, J. M. Rust, and H. J. Fourie. 2002. The Nguni: A Case Study. Paper presented to the Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems, Montreal, Canada, November 8–10, 2001.
- Blench, R. 1994. The expansion and adaptation of Fulbe pastoralism to subhumid and humid conditions in Nigeria. *Cahiers d'Études Africaines* 133–135:197–212.
- Blench, R. 1999. *Traditional Livestock Breeds: Geographical Distribution and Dynamics in Relation to the Ecology of West Africa*. ODI Working Paper 122. London: odi.
- Blench, R. 2001. *Pastoralism in the New Millennium*. FAO Animal Production and Health Paper No. 150. Rome: fao.
- Bruford, M. W., D. G. Bradley, and G. Luikart. 2003. DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nature Reviews Genetics* 4:900–10.
- Chagunda, M. G. G. and C. B. A. Wollny. 2002. Consequences of differences in pricing of economic values for milk yield of dairy cattle in Malawi. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Montpellier, France, Session 25: Developing Sustainable Breeding Strategies for Medium and Low- Input Systems. Communication 25– 03.
- CIRDES/ILRI/ITC (Centre International de Recherche–Développement sur l'Élevage en Zone Subhumide, International Livestock Research Institute, and International Trypanotolerance Centre), 2000. Collaborative research programme on trypanosomosis and trypanotolerant livestock in West Africa. In *Joint Report of Accomplishments and Results (1993–1999)*. Banjul, The Gambia: itc.
- Coppock, D. L. 1994. *The Borana Plateau of Southern Ethiopia: Synthesis of Pastoral Research, Development and Change, 1980–1991*. Addis Ababa, Ethiopia: ilca.
- Cousins, N. J. and M. Upton. 1988. Options for improvement of the Borana pastoral system. *Agricultural Systems* 27:251–278.
- “Egyptian chicken plan hatches . . . 50 years later.” 1997. *The Iowa Stater*, May, www.iastate.edu/IaStater/1997/may/chicken.html.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. *The Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources*. Executive Brief. Rome: fao.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2001. Guidelines for the development of country reports. State of the World. Annex 2, Working Definitions for Use in Developing Country Reports and Providing Supporting Data, dad.fao.org/en/Home.htm.
- FDLPCS (Federal Department of Livestock and Pest Control Services). 1992a. Livestock in Sokoto State. *Nigerian Livestock Resources*. Vol. II: *National Synthesis*. Vol. III: *State Reports*. St. Helier, Jersey, UK: rim.
- FDLPCS. (Federal Department of Livestock and Pest Control Services). 1992b. *Nigerian Livestock Resources*. Vol. I: *Executive Summary and Atlas*. St. Helier, Jersey, UK: rim.
- Flock, D. K. and R. Preisinger. 2002. Breeding plans for poultry with emphasis on sustainability. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Montpellier, France, Session 24: Sustainable Breeding Plans in Developed Countries. Communication 24–02.
- Gondwe, T. N. P. and C. B. A. Wollny. 2002. Traditional breeding systems in smallholder rural poultry in Malawi. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Montpellier, France, Session 25: Developing Sustainable Breeding Strategies for Medium- and Low-Input Systems. Communication 25–26.
- Grell, H. and M. Kirk. 2000. The role of donors in influencing property rights over pastoral resources in Sub-Saharan Africa. In N. McCarthy, B. Swallow, M. Kirk, and P. Hazell, eds., *Property Rights, Risk, and Livestock Development in Africa*, 55–85. Washington, DC, and Nairobi, Kenya: IFPRI and ILRI.
- Hassan, W. A. 2000. *Biological Productivity of Sheep and Goats Under Agro-Silvo-Pastoral Systems in Zamfara Reserve in North-Western Nigeria*. Goettingen, Germany: Cuvillier.
- Haverkort, B. 1993. Agricultural development with a focus on local resources: Ileia's view on indigenous knowledge. In D. M. Warren, D. Brokensha, and L. J. Slikkerveer, eds., *Indigenous Knowledge Systems: The Cultural Dimensions of Development*. London: Kegan Paul International.
- Hillel, J., M. A. M. Groenen, M. Boichard, A. B. Korol, L. David, V. M. Kirzhner, T. Burke, A. B. Dirie, R. P. M. A. Crooijmans, K. Elo, M. W. Feldman, P. J. Freidlin, A. Maki-Tani la, M. Oortwijn, P. Thomson, A. Vignal, K. Wimmers, and S. Weigend. 2003. Biodiversity of 52 chicken populations assessed by microsatellite typing of DNA pools. *Genetics Selection Evolution* 35:533–557.
- Hoffmann, I. 2003. Biodiversity management in West African pastoral and agro-pastoral systems. A case study from northwest Nigeria. In *Biodiversity and the Ecosystem Approach in Agriculture, Forestry and Fisheries*, 28–49. Satellite event on the occasion of the 9th regular session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rome, October 12–13, 2002. Available at www.fao.org/DOCREP/005/Y4586E/y4586e03.htm#P0_0.
- Hoffmann, I., D. Gerling, U. B. Kyiowom, and A. Mané-Bielfeldt. 2001. Farmers' management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86(3):263–275.
- Hoffmann, I. and I. Mohammed. 2004. The role of nomadic camels for manuring farmers' fields in the Sokoto Close Settled Zone, northwest Nigeria. *Nomadic Peoples* 8(1): 99–112.
- Homann, S., G. Dalle, and B. Rischkowsky. 2004. Potentials and constraints of indigenous knowledge for sustainable range and water development in pastoral land use systems of Africa: A case study in the Borana Lowlands of Southern Ethiopia. Eschborn, Germany: GTZ/Töb.
- Hossary, M. A. and S. Galal. 1995. Improvement and adaptation of the Fayoumi chicken. *Animal Genetic Resources Information* 14:33–42.
- Huelsebusch, C. G. and B. A. Kaufmann. 2002. *Camel Breeds and Breeding in Northern Kenya. An Account of Local Breeds of Northern Kenya and Camel Breeding Management of Turkana, Rendile, Gabra and Somali Pastoralists*. Nairobi: Kenya Agricultural Research Institute.
- Jabbar, M. A. and M. L. Diedhiou. 2003. Does breed matter to cattle farmers and buyers? Evidence from West Africa. *Ecological Economics* 45(3):461–472.
- Kamara, A. 2001. *Property Rights, Risk and Livestock Development in Southern Ethiopia*. PhD thesis, Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel, Germany.

- Köhler- Rollefson, I. 2000. *Managing Animal Genetic Resources at the Community Level*. Eschborn, Germany: gtz. Available at www.gtz.de/agrobiodiv/download/koehl.pdf.
- Köhler- Rollefson, I. 2003. Community based management of animal genetic resources, with special reference to pastoralists. In *Proceedings of the Workshop on Community Based Management of Animal Genetic Resources. A Tool for Rural Development and Food Security*, 13–26. Mbabane, Swaziland, May 7–11, 2001. Rome: fao.
- Kyiogwom, U. B., I. Mohammed, H. M. Bello, S. A. Maigandi, and C. Schaefer. 1994. The economic situation of the livestock farmer in Zamfara. In *Range Development in the Endangered Sudan Savanna in Sokoto State*, 63–70. Unpublished report, Giessen.
- Masinde, I. A. 2001. *Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. Local Management of Agricultural Biodiversity by Communities in Kenya*. Montreal: United Nations University. Available at www.unu.edu/env/plec/cbd/Montreal/papers/Masinde.pdf.
- McIntire, J., D. Bourzat, and P. Pingali. 1992. *Crop–Livestock Interaction in Sub-Saharan Africa*. Washington, dc: The World Bank.
- Mhlanga, F. N. 2002. *Community- Based Management of Animal Genetic Resources: A Participatory Approaches Framework*. Eschborn, Germany: gtz. Available at www.gtz.de/agrobiodiv/download/mhalanga.pdf.
- Mohammed, I. 2000. *Study of the Integration of the Dromedary in Small holder Crop–Livestock Production Systems in Northwestern Nigeria*. Goettingen, Germany: Cuvillier.
- Mortimore, M. and W. M. Adams. 1998. Farming intensification and its implications for pastoralism in northern Nigeria. In I. Hoffmann, ed., *Prospects of Pastoralism in West Africa*, Vol. 25, 262–273. Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I. Giessen, Germany: Wissenschaftl. Zentrum Tropeninstitut.
- Mueller, J. P. 1984. Single and two- stage selection on different indices in open-nucleus breeding systems. *Genetics Selection Evolution* 16:103–120.
- Mueller, J. P., E. R. Flores, and G. A. Gutierrez. 2002. Experiences with a large scale sheep genetic improvement project in the Peruvian highlands. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Montpellier, France, Session 25. Developing Sustainable Breeding Strategies in Medium- to Low-Input Systems. Communication 25–12.
- Nortier, C. L., J. F. Els, A. Kotze, and F. H. van der Bank. 2002. Genetic diversity of indigenous Sanga cattle in Namibia using microsatellite markers. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Montpellier, France. Session 26: Management of Genetic Diversity. Communication 26–07.
- Preisinger, R. 2004. *Internationale Tendenzen der Tierzucht und die Rolle der Zuchtunternehmen*. Pre sen ta tion, Agrobiodiversität entwickeln: Handlungsstrate-gien und Impulse für eine nachhaltige Tier- und Pfl anzenzucht, Umweltforum Berlin, February, 3–4, www.agrobiodiversitaet.net/site/page/downloads/dateien/2.
- Rajasekaran, B. 1993. A framework for incorporating indigenous knowledge systems into agricultural research, extension, and ngos for sustainable agricultural development. *Studies in Technology and Social Change* 21. Ames: Technology and Social Change Program, Iowa State University.
- Rege, J. E. O. 2003. Defining livestock breeds in the context of community based management of farm animal genetic resources. In *Proceedings of the Workshop on Community Based Management of Animal Genetic Resources. A Tool for Rural Development and Food Security*, 27–35. Mbabane, Swaziland, May 7–11, 2001. Rome: fao.
- Rege, J. E. O. 1999. The state of African genetic resources. I. Classification framework and identification of threatened and extinct breeds. *Animal Genetic Resources Information* 25:1–25.
- Rege, J. E. O., G. S. Aboagye, and C. L. Tawah. 1994. Shorthorn cattle of West and Central Africa II. Ecological settings, utility, management and production systems. *World Animal Review* 78:14–21.
- Richards, P. 1985. *Indigenous Agricultural Revolution: Ecology and Food Production in West Africa*. London: Hutchinson.

- Röhrs, M. 1994. Entwicklung der Haustiere. In H. Kräusslich, ed., *Tierzüchtungslehre*, 4th ed., 37–55. Stuttgart, Germany: Ulmer.
- Schaefer, C. 1998. *Pastorale Wiederkäuerhaltung in der Sudansavanne: Eine Untersuchung im Zamfara Forstschutzgebiet im Nordwesten Nigerias*. Göttingen, Germany: Cuveillir.
- Scherf, B., ed. 2000. *World Watch List for Domestic Animal Diversity*, 3rd ed. Rome: fao/undp.
- Sere, C., H. Steinfeld, and J. Groenewold. 1996. World livestock production systems. Current status, issues and trends. *FAO Animal Production and Health Papers* 127. Rome: fao.
- Steglich, M. and K. J. Peters. 2002. Agro-pastoralists' trait preferences in N'dama cattle: Participatory methods to assess breeding objectives. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Montpellier, France, Session 25. Developing Sustainable Breeding Strategies in Medium- to Low- Input Systems. Communication 25–04.
- Steinfeld, H., C. De Haan, and H. Blackburn. 1997. *Livestock and the Environment: Issues and Options*. Brussels: European Commission/fao/World Bank.
- Tano, K., M. Kamuanga, M. D. Faminow, and B. Swallow. 2003. Using conjoint analysis to estimate farmers' preferences for cattle traits in West Africa. *Ecological Economics* 45(3):393–408.
- Tempelman, K. A. and R. A. Cardellino. In press. *Community- Based Management and Use of Animal Genetic Resources in Traditional Livestock Farming Systems*. Rome: fao.
- Thebaud, B. and S. Batterbury. 2001. Sahel pastoralists: Opportunism, struggle, conflict and negotiation. A case study from eastern Niger. *Global Environmental Change* 11:69–78.
- Tisdell, C. 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: Analysis and assessment: *Ecological Economics* 45(3):365–377.
- Vabi, M. B. 1993. *Fulani Settlement and Modes of Adjustment in the Northwest Province of Cameroon*. ODI Pastoral Development Network Paper 35d. London: odi.
- Valuing angr. 2003. *Ecological Economics* Special Issue 45(3).
- Wagner, H. - G. R. and K. Hammond. 1999. *The Management of Farm Animal Genetic Resources and FAO's Global Strategy*. Berlin: Deutscher Tropentag, Berlin, Humboldt University.
- Warren, D. M. 1991. *Using Indigenous Knowledge in Agricultural Development*. World Bank Discussion Paper No. 127. Washington, dc: The World Bank.
- Weigend, S. and M. N. Romanov. 2002. The World Watch List for Domestic Animal Diversity in the context of conservation and utilisation of poultry biodiversity. *World's Poultry Science Journal* 58(4):411–430.

М. ХОЛУОРТ И Д. БАРТЛИ

Возделывание большей части риса в орошаемых, богарных и глубоководных системах представляет собой подходящую среду для рыбы и других гидробионтов (рис. 7.1). Более 90% риса в мире, то есть примерно 134 миллиона га (рис. 7.2), выращивается в обводненных условиях, которые не только представляют собой благоприятные условия для обитания ряда гидробионтов, но и возможности для их улучшения и разведения. Акваторическая продукция в добавление к рису, является крайне важным источником доходов сельского населения в развивающихся странах. Местное потребление и реализация особенно важны для продовольственной безопасности, так как акваторические пищевые ресурсы практически всегда легко доступны, а также являются наиболее надежным и недорогим источником белка животного происхождения и жирных кислот, как для фермеров, так и для населения без земли. В данной главе анализируется новейшая информация, подчеркивается значимость акваторического разнообразия в экосистемах на основе рисоводства для сельских жителей и экологических служб. Данная информация нешироко распространена, но она крайне важна для информированного принятия политических решений.

Вопрос

Производство продукции в добавление к рису в экосистемах на основе рисоводства и его значение для сельского населения обычно недооценивается (например, *fao/mrc*, 2003; *Halwart*, 2003) из-за местного потребления или ограниченных возможностей реализации ввиду чего такое производство не включается в официальную статистику. Кроме того, наличие такой продукции зависит от времени и пространства, а количество пойманных, собранных и разводимых организмов обычно незначительно. Рис в основном рассматривается как монокультура и считается товаром для местной и национальной продовольственной безопасности. Таким образом, особое внимание в национальных стратегиях, касающихся производства данной культуры, уделяется повышению урожайности риса, что в свою очередь ведет к увеличению использования удобрений и пестицидов. При такой практике и



РИСУНОК 7.1. Экосистемы на основе рисоводства представляют собой динамичный и тесно связанный комплекс рисовых полей, прудов, оросительных каналов и рек (Вьетнам). (Фото: fao/М. Halwart.)

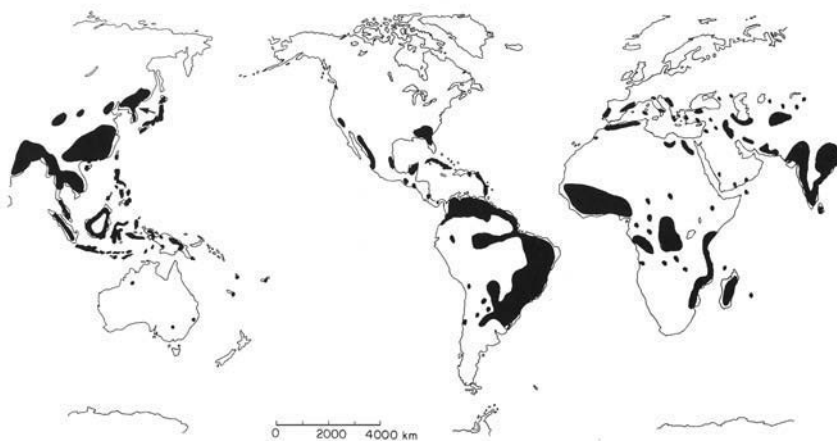


РИСУНОК 7.2. Рис культивируется на примерно 151 миллионах га по всему миру в орошаемых (57%), богарных низменных (31%), глубоководных (4%), и возвышенных (11%) условиях (по Fernando, 1993 и Fernando и Halwart, 2001; данные из Всемирной статистики ИРПИ по рису (irri World Rice Statistics) и базы данных ФАО, 2001 на сайте www.irri.org/science/ricestat/index.asp).

политике зачастую другие компоненты экосистем на основе рисоводства либо игнорируются, либо находятся под угрозой.

Должностные лица, ответственные за выработку политики, должны основывать свои решения на достоверной информации. Однако информация необходимая в отношении рисовых полей и аквакультур на основе риса обычно отсутствует, таким образом, вклад, который данные ресурсы вносят в доходы сельских жителей не учитывается. Планы развития, направленные только на повышение урожайности риса, могут в результате обеспечить людей большим количеством риса для потребления, но в то же время, могут отнять у них большую часть урожая гидробионтов и водорослей, собираемого на тех же рисовых полях или вокруг них. Отсутствие здравого признания других компонентов экосистемы рисовых полей и тщательного анализа подходящих путей расширения производства, может привести к значительному сокращению разнообразия гидробионтов и водных растений. Важно то, что именно малоимущие слои сельского населения больше всего пострадают от отрицательного воздействия таких стратегий развития.

От рыбоводства к аквакультурам: Непрерывность

Комбинированные системы рыбоводства и рисоводства могут быть отнесены к системе отлова или культивирования в зависимости от происхождения рыбных ресурсов. Такие системы называются рыбоводством на основе рисоводства или рисо-рыбными хозяйствами, так как в экономике сельского хозяйства, в которой производятся аквакультуры, обычно преобладает рисоводство. В системе отлова, дикие виды рыб попадают на рисовые поля из близлежащих водоемов и размножаются на заливных полях. В системах культивирования, рисовые поля могут быть намеренно введены одновременно или попеременно с посадкой риса; это также известно как параллельное или ротационное рисо-рыбоводство. Рисовые поля могут быть использованы для производства сеголеток или столовой рыбы в зависимости от размера имеющихся личинок рыбы для зарыбления, длительности периода культивации рыбы, рыночного спроса на сеголеток или столовую рыбу (Halwart, 1998; Demaine и Halwart, 2001).

Экосистемы на основе рисовых полей содержат богатое акватическое разнообразие, которое широко используется местным населением. Наиболее важная группа, с точки зрения разнообразия и важности для местных сообществ, это рыбы. Бальзер и др. (2005) выявили разных видов рыб в Камбоджии, а Луо (2005) обнаружил 52 вида в Китае (таблица 7.1). В добавление к рыбе,

Таблица 7.1а. Численность акватических видов животных, собираемых в экосистемах на основе рисоводства и используемых сельскими домохозяйствами.

Группа	Камбоджия	Китай
Рыба	70	52
Ракообразные	6	2
Моллюски	1	4
Амфибии	2	4
Насекомые	2	3
Рептилии	8	—
Водные растения	13	19

Источник: Balzer и др. (2005); Luo (2005).

более 100 видов ракообразных, моллюсков, амфибий, насекомых, рептилий и водных растений, которые имеют питательную, медицинскую, декоративную ценность и другие предназначения (Balzer и др., 2005) (таблица 7.2).

Многие виды рыбы можно отлавливать на рисовых чеках, но в системах культивирования, коммерческую ценность представляют всего несколько видов. Среди наиболее распространенных и широко используемых видов можно отметить карпа и нильскую тилапию. Они питаются внизу пищевой цепочки, поэтому являются предпочтительными видами для систем культивирования. Другие популярные виды – это *Puntius gonionotus* и *Trichogaster* spp. Многие воздуходышащие виды, например, змееголов (*Channa striata*) и сомы (*Clarias* spp.) хорошо приспособлены к болотистым условиям рисовых чек. Они высоко ценятся, как дикие виды рыбы в системе отлова, потому что их можно реализовать по хорошей рыночной цене, но меньше ценятся в системе культивирования, так как они могут истребить популяцию рыбы, полученную в результате зарыбления.¹

Традиционно, значительная доля потребления рыбы домохозяйствами приходилась на рыбу, пойманную на рисовых чеках. С увеличением значения рыбоводства, преобразования заболоченных земель в сельскохозяйственные угодья, интенсификацией производства риса, рыбоводство пошло на убыль во многих районах, а фермеры часто занимались аквакультурами в качестве альтернативного источника белка животного происхождения.

Экологические функции

Многие организмы, обитающие в рисовых экосистемах, играют важную роль в качестве биологических агентов, контролирующих переносчиков заболеваний

Таблица 7.1 б . Виды рыбы ($n = 70$), собранных с рисовых полей и используемых сельскими домохозяйствами в Камбоджи.

Вид	Русское название	Вид	Русское название
<i>Thynnichthys thynnoides</i>		<i>Clarias batrachus</i>	Сом-клариас
<i>Mystus albolineatus</i>		<i>Anabas Testudineus</i>	Анабас или рыба-ползун
<i>Osteochilus melanopleurus</i>		<i>Trichogaster Trichopterus</i>	Гурами мраморный
<i>Leptobarbus hoeveni</i>	Барбус «Золотая Акула» красноплавничная	<i>Rasbora tornieri</i>	Расбора торриери
<i>Trichogaster pectoralis</i>	Бурый (полосатый) гурами	<i>Rasbora Trilineata</i>	Расбора трехлинейная
<i>Botia modesta</i>	Боция Модеста (цветная)	<i>Systomus Partipentazona</i>	
<i>Cyclocheilichthys</i> sp.	Индийский барбус	<i>Rasbora Daniconius</i>	Расбора индийская
<i>Hemibagrus splilopterus</i>		<i>Rasbora Borapetensis</i>	Расбора краснохвостая (борапетенская)
<i>Xenentodon cancila</i>		<i>Cirrhinus Microlepis</i>	
<i>Paralauca typus</i>		<i>Monopterus Albus</i>	Рисовый угорь
<i>Notopterus notopterus</i>	Брозовый спинопер	<i>Trichopsis vit tata</i>	Ворчащий гурами
<i>Trichogaster pectoralis</i>		<i>Botia</i> sp.	Боция
<i>Pristolepis fasciatus</i>	Пристолепис полосатый	<i>Pseudomystus Siamensis</i>	Касатка сиамская
<i>Hampala macrolepidota</i>		<i>Anguilla bicolor</i>	Индокоеанский двухцветный речной угорь
<i>Oxyeleotris marmorata</i>	Элеотрис мраморный	<i>Parambassis</i> sp.	Окунь стеклянный (сиамский)
<i>Henicorhynchus siamensis</i>		<i>Ompok Hypophthalmus</i>	
<i>Channa micropeltes</i>	Змееголов краснй	<i>Puntius brevis</i>	Болотный ерш
<i>Macrognathus siamensis</i>	Макрогнат павлиний (отряд ложноугреобразных)	<i>Parambassis Wolffii</i>	Черноплавниковый окунь стеклянный
<i>Barbodes altus</i>		<i>Macrognathus taenigaster</i>	

Таблица 7.1б. Продолжение на следующей странице

Таблица 7.1b. Продолжение

Вид	Русское название	Вид	Русское название
<i>Trichogaster</i> sp.		<i>Osteochilus Hasselti</i>	Остеохил хассельта
<i>Mastacembelus favur</i>	Узорчатый маста- цембел		
<i>Trichogaster</i> sp.	Гурами	<i>Micronema micronema</i>	
<i>Pangasius conchophilus</i>		<i>Ompok bimaculatus</i>	Азиатский сом
<i>Puntioplites proctozyron</i>		<i>Chitala ornata</i>	Хитала орната (глаз- чатый нотоптер
<i>Channa striata</i>	Змееголов	<i>Clarias macrocephalus</i>	Клариевый сом
<i>Monotreta cambodgiensis</i>		<i>Mastacembelidae</i>	
<i>Acantopsis</i> sp.		<i>Esomus metallicus</i>	Эзомус металличе- ский
<i>Mystus mysticetus</i>		<i>Paralauca typus</i>	
<i>Labiobarbus siamensis</i>		<i>Clupeichthys</i> sp.	Сельдевые
<i>Barbodes gonionotus</i>		<i>Trichopsisschalleri</i>	Гурами шалери
<i>Doryichtys boaja</i>	Длиннорылая раба- игла	<i>Macrognatus siamensis</i>	
<i>Botia helodes</i>	Боция линейнопят- нистая	<i>Parachela siamensis</i>	
<i>Luciosoma bleekeri</i>		<i>Trichogaster</i> sp.	
<i>Nandus nandus</i>		<i>Cyclocheilichthys enoplos</i>	
<i>Morulius chrysophekadion</i>	Лабео черный	<i>Channa lucius</i>	

Источник: Balzer и др. (2005).

и вредителей медицинского и сельскохозяйственного значения, а также представляют собой элемент интегрированных мер борьбы с вредителями.

Рыбы, которые питаются только личинками комаров или определенными видами улиток, могут контролировать численность переносчиков малярии и шистосомоза. Некоторые виды рыб вносят свой вклад в биологический контроль над такими вредителями риса как ампулярии, стеблевой точильщик и эхинококк (Halwart, 1994 , 2001 ; Halwart и др., 1998). Рыбы, которые питаются сорняками и другими насекомыми, таким образом, сокращают число проблем, связанных

Таблица 7. 2. Примерный перечень целей использования различных водных организмов на рисовых полях.

Таксон	Научное название	Цели использования	Фото
Рыба	<i>Cyclocheilichthys</i> sp.	Свежая, ферментированная рыбная паста, куски ферментированной рыбы, вяленая соленая рыба, рыбный соус	
Рептилия	<i>Erpeton tentaculatum</i>	В медицинских целях	
Амфибия	<i>Bufo melanostictus</i>	В свежем виде, в медицинских целях (антигельминтное средство)	
Ракообразные	<i>Somanniathelphusa</i> sp.	В свежем виде, корм, наживка	
Моллюск	<i>Pila</i> sp.	В свежем виде, корм, наживка, продажа	
Растение	<i>Nelumbo nucifera</i>	Цветы, листья, семена, корневище для употребления в пищу, для продажи, в качестве украшений и оберточного материала	
Насекомое	<i>Lethocerus</i> sp.	В свежем виде, в медицинских целях	

с вредителями и поддерживают баланс в экосистеме. В действительности биологический контроль оказался экономически выгодным, чем профилактические или пороговые средства обработки против вредителей (Rola и Pingali, 1993).

Кроме того, фермеры на опыте убедились в том, что разведение рыбы одновременно с возделыванием риса повышает урожайность риса, в частности на истощенной почве и культивировании без использования удобрений, возможно, потому что в этих условиях удобрение и кругооборот питательных веществ посредством рыбы наилучший вариант. Учитывая сэкономленные средства на пестицидах и доходы от продажи рыбы, чистый доход рисо-рыбных хозяйств по имеющимся данным на 7–65% выше, чем у монокультурных рисовых хозяйств (Halwart, 1999).

Рисовые поля также дают убежище видам животных, которые находятся под угрозой вымирания. Глубоководная рисовая экосистема и прилегающие затопленные пастбищные и кустарниковые угодья около оз. Тонлесап (Tonle Sap) в Камбоджи, место обитания многих птиц, среди них Флорикан бенгальский, исчезающий вид от которого осталось только две популяции во всем мире (Smith, 2001). Использование исчезающих видов, таких как рыба-змея (*Ichthyophys bannanicus*), который представляет медицинскую ценность, в долгосрочной перспективе является поистине даром природы благодаря экономической ценности, что в результате приведет к тому, что данный вид будет культивировать, что, в конечном счете, обеспечит его выживание.

Последние мероприятия

Численность диких видов рыбы обычно благоприятствовало развитию систем отлова на рисовых полях, которые образовались в поймах крупных речных систем. Такая система была недавно изучена в отношении наличия ресурсов гидробионтов и картины их использования фермерами, занимающимися выращиванием риса в Верхней и Нижней поймах реки Меконг (Mekong) в Сишуанбанна (Xishuangbanna), провинция Юннань в Китае (Luo, 2005) и в провинции Кампонг Сом (Kampong Thom) в Камбоджи (Balzer и др., 2005). Низкая численность диких видов рыбы в отдаленных горных районах привела к появлению и развитию систем рисо-рыбоводства. Коренные рисо-рыбные системы пользуются приспособленными к местным условиям видами рыбы, которые обитают в высокогорьях северного Вьетнама и Лаоса. Традиционные знания в рисо-рыбоводческих обществах были целью недавнего исследования во Вьетнамских провинциях Хоа Бин (Hoa Binh), Сон Ла (Son La) и Лай Чау (Lai Chau) (Meusch, 2005), а также в провинциях Лаоса Сиенг Хуанг (Xiang Khouang) и Хоуа Фанх (Houa Phan) (Choulamany, 2005).

По полученным сведениям можно больше понять и оценить богатое разнообразие и ценность акваторических ресурсов, местные практики отлова и культивирования, а также необходимости тесного сотрудничества с фермерами для разработки подходящих мероприятий для производства аквакультур. Первый шаг в создании акваторического разнообразия на основе рисоводства был наиболее заметен на межгосударственном уровне, где лица, ответственные за выработку политики были призваны обратить больше внимания на улучшение акваторического биоразнообразия и поступления питательных веществ за счет гидробионтов в рацион питания сельских жителей, которые производят или зависят от риса (вставка 7.1). Предварительные исследования связей

Вставка 7.1 Акватическое разнообразие на основе рисоводства, отмеченное на 20-й сессии Международного комитета по рису, 23-26 июля, 2002

Международный комитет по рису ФАО – это форум, в котором высокопоставленные чиновники и специалисты по рису из рисопроизводящих стран анализируют национальные исследования и программы развития. Его задачей является содействие национальным и международным видам деятельности в вопросах, связанных с производством, хранением, распределением и потреблением риса. Комиссия собирается каждые четыре года. На двадцатой сессии в Бангкоке в июле 2002, комиссия рекомендовала следующее:

- Страны-члены комиссии должны способствовать устойчивому развитию акватического разнообразия, а политические решения и меры по управлению должны улучшить базу акватических гидробионтов. Там, где численность диких видов рыб сокращается, рисо-рыбные хозяйства могут считаться средством улучшения продовольственной безопасности и гарантирования устойчивости развития села.
- Необходимо уделять внимание поступлению питательных веществ за счет гидробионтов в рацион питания сельского населения, которые производят или зависят от риса.

Источник: ФАО (2002 г).

между выращиванием риса и живыми акватическими ресурсами и жизнью людей, которые управляют данными системами, выявили ценность такого биоразнообразия сельским сообществам (вставка 7.2)

Производственные экосистемы под угрозой исчезновения

Свидетельства, полученные в результате проведения совместной сельской оценки сообществ, занимающихся сельским хозяйством и рыбоводством, свидетельствуют о том, что наличие акватических ресурсов на рисовых полях сокращается (Balzer и др., 2005; Luo, 2005). Хотя количество потребляемых водных организмов остается постоянным, десятилетие назад системы отлова на основе рисоводства поставляли половину потребляемого количества, тогда как сегодня только 1/5-1/3 части поставляются за счет систем отлова на основе рисоводства, а остальная часть покрывается за счет привозной или специально выращенной рыбы (Luo, 2005). Фермеры в Сишуанбанне утверждают, что численность рыбы уменьшается и количество водных организмов, собираемых за день равно тому, которое собиралось за час десять лет назад. Так по результатам исследования в Камбоджи (Balzer и др., 2005) подчеркивается, что

Вставка 7.2 Питание и акватические ресурсы в провинции Кванг Три (Quang Tri) в Центральном Вьетнаме

Во Вьетнаме самый высокий уровень недоедания среди взрослых и детей среди всех стран Юго-Восточной Азии (ФАО, 1999). Основные потребности в питании многих детей не удовлетворяются (Reinhard и Wijayarathne, 2002), и, согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения существуют важные проблемы общественного здравоохранения: у 40% процентов взрослого населения индекс массы тела ниже 18,5, а это пороговый показатель недовеса. В сотрудничестве с программой по борьбе с бедностью, которая финансируется со стороны Финского Министерства иностранных дел, Вьетнамское Министерство планирования и инвестиций, Программа сельского развития Кванг Три в центральном Вьетнаме, ФАО участвовали в исследованиях статуса питания домохозяйств, занимающихся рисоводством и роли акватических ресурсов в ежедневном рационе питания в Кванг Три, одной из самых бедных провинций в центральном Вьетнаме. Особое внимание уделялось признакам недоедания среди детей младше пятилетнего возраста.

Методы

В исследовании использовался совместный подход, в котором обращалось особое внимание на оценку поведения и опыта сельских жителей, связанных со статусом питания и здоровья, а также то, как они используют имеющиеся ресурсы. Исследование включало три элемента: вопросник для домохозяйств, антропометрические измерения детей младше пятилетнего возраста, обсуждения в фокус-группах. Сообщества (т.е. села) отбирались случайно: пять сообществ в отдаленном районе Дакронг (Dakrong), расположенном в гористой местности; и два сообщества в районе Хай Ланг (Hai Lang), а также одно сообщество в районе Кам Ло (Cam Lo), расположенном в низине. В каждом из сообществ было отобрано 15–30% домохозяйств; среднее количество членов домохозяйств составляло пять человек. Недостаточное питание детей измерялось по трем стандартным индексам: недостаточный вес (вес/возраст), отставание в росте (рост/возраст) и истощение (вес/рост).

Результаты

Рыба оказалась наиболее употребляемым в пищу водным животным, причем 80% домохозяйств в районе Хай Ланг, 89% домохозяйств в Кам Ло, и 39% домохозяйств в районе Дакронг употребляют в пищу рыбу два или более раза в неделю (таблица вставки 7.2а). Согласно сведениям, рыба наиболее предпочитаемый продукт питания, ввиду хорошего вкуса, доступности и полезности. По результатам исследования можно заключить, что вкус – это основная причина потребления водных животных; многие респонденты сообщали, что они едят змей из-за пользы для здоровья, а лягушек, насекомых и рачков, потому что их легко найти. Змей редко едят во всех районах, а насекомые составляют основную часть рациона почти половины домохозяйств в горном районе Дакронг

Вставка 7.2 Продолжение.

Таблица вставки 7.2а. Частота потребления (%) рыбы и других водных животных среди опрошенных домашних хозяйств

	Никогда	1 раз в месяц	2-3 раза в месяц	1 раз в неделю	2-5 раз в неделю	Каждый день (6-7 раз в неделю)	Изредка
Хаи Ланг (n = 70)							
Рыба	2,9	—	1,4	5,7	61,4	18,3	10,3
Змеи	84,3	8,6	4,3	—	—	—	2,8
Улитка	45,7	21,4	8,6	10,0	1,4	1,4	11,5
Полевые крабы	54,3	15,7	7,1	5,7	4,3	—	12,9
Креветки	5,7	1,4	4,3	4,3	67,1	4,3	12,9
Насекомые	92,9	1,4	1,4	—	2,9	0,1	1,3
Лягушки	60,0	7,1	4,3	5,7	1,4	—	21,5
Кам Ло (n = 35)							
Рыба	—	2,9	—	8,6	71,4	17,1	—
Змеи	94,3	—	5,7	—	—	—	—
Улитка	68,6	8,6	8,6	—	2,9	—	11,3
Полевые крабы	51,4	2,9	8,6	11,4	11,4	—	14,3
Креветки	20,0	8,6	5,7	25,7	37,1	—	2,9
Насекомые	88,6	—	—	5,7	2,9	—	2,8
Лягушки	62,9	2,9	5,7	8,6	8,6	—	11,3
Дакронг (n = 169)							
Рыба	1,3	21,5	27,8	10,1	33,5	5,1	0,7
Змеи	87,3	5,1	3,2	—	0,6	—	3,8
Улитка	26,6	27,8	16,4	5,1	9,5	—	14,6
Полевые крабы	46,2	20,9	10,8	4,4	1,3	—	16,4
Креветки	21,5	23,4	19,6	8,9	11,4	—	15,2
Насекомые	58,2	11,4	12,0	4,4	4,4	0,6	9
Лягушки	48,1	21,5	9,5	5,7	1,3	—	13,9

Вставка 7.2 Продолжение на следующей странице

Вставка 7.2 Продолжение.

Исследование показало, что домохозяйства в отдаленном и бедном районе Дакронг употребляют в целом больше акватических организмов, в частности улиток, но также и других насекомых и лягушек, чем домохозяйства в других районах. В более благополучном районе Хай Ланг, в среднем потребляется 310 г рыбы на одно домохозяйство в день, а в районах Кам Ло и Дакронг, среднее ежесуточное потребление составило 260 г и 240 г, соответственно (таблица вставки 7.2b)

Большая доля женщин заявили, что кормят детей в возрасте 4–12 месяцев рыбой, мелкими креветками и полевыми крабами. В районе Хай Ланг до 80% домохозяйств готовят пищу для детей с добавлением рыбы, а в 64% домохозяйств пищу готовят с добавлением мелких креветок 2-5 раз в неделю. Есть разница между благополучными и бедными районами, где только 30% домохозяйств в бедном районе Дакронг кормят детей рыбой два или более раз в неделю.

Наличие акватического разнообразия

Были получены сведения о сорока разных диких разновидностях рыбы, некоторые из которых были использованы для аквакультуры. Участники во всех районах сообщали, что сейчас они испытывают больше затруднений в сборе диких водных животных, чем десять лет назад. Сельские жители сообщили, что возможной причиной этого является интенсивное использование пестицидов и гербицидов в сельскохозяйственном производстве и растущая потребность в ресурсах из-за роста численности населения. Кроме того, во многих районах из-за использования неэффективных методов рыболовства, например, электроотлов рыбы, отравление и использование москитных сеток, был нанесен ущерб потенциалу водных животных для зарыбления и воспроизводства.

Несмотря на это, более половины всех домохозяйств собирают диких водных животных, в том числе на рисовых полях. Кроме потребления в домохозяйствах, они также служат источником получения дохода: 9% домохозяйств в районах Кам Ло и Хай Ланг продавали на рынке рыбу, выловленную в дикой природе, а более 75% домохозяйств в отдаленном районе Дакронг продавали рыбу и другие водные ресурсы, полученные в дикой природе, другим жителям села. Многие домохозяйства покупают рыбу и креветки на рынках, кроме домохозяйств в районе Дакронг, где 67% домохозяйств получают эти продукты из дикой природы. Во всех районах змей, улиток и лягушек собирают в дикой природе, особенно, домохозяйства в отдаленном районе Дакронг. Согласно данным исследования, рынки являются важным источником пищи в свете сокращающегося биоразнообразия на рисовых полях.

Статус питательных веществ

В результате исследования было выявлено недоедание среди детей во всех районах, но особенно в отдаленном горном районе Дакронг (таблица вставки 7.2c). В сравнении с региональным статусом на севере в центральной части Вьетнама, в районах Хай Ланг и Кам Ло процент детей страдающих от низкого веса или отставания в росте был таким же или ниже; процент истощения среди детей составлял только треть от среднего показателя по региону.

Вставка 7.2 Продолжение.

Таблица вставки 7.2b. Потребление водных организмов на хозяйство (средний размер хозяйства = 5 человек)

Район	Количество водных ресурсов (кг/день)						Итого
	Рыба	Змеи	Улитки	Полевые крабы	Креветки	Насекомые	
Хаи Ланг (n = 70) (Hai Lang)	0,39	0,01	0,05	0,05	0,11	0,03	0,66
Кам Ло (n = 35) (Cam Lo)	0,39	0,02	0,04	0,15	0,21	0	0,74
Дакронг (n = 169) (Dakrong)	0,39	0,02	0,21	0,09	0,14	0,06	0,83

Вставка 7.2 Продолжение на следующей странице

Вставка 7.2 Продолжение.

Таблица вставки 7.2с. Состояние питания детей младше 5 лет в 3 исследовательских районах, по степени тяжести и общине (в %)

Районы (количество детей) и Общины									
Хаи Ланг (241) (Hai Lang)			Кам Ло (50) (Cam Lo)		Дакронг (282) (Dakrong)				
Индикаторы недостаточного питания		Хаи Туон (Hai Thion)	Хаи Ле (Hai Le)	Кам Лю (Cam Lieu)	Трю Нгуен (Trieu Nguyen)	А Нго (A Ngo)	А Бунг (A Bung)	Хак Нги (Hac Nghi)	Та Лонг (Ta Long)
Недовес	Вес/возраст	11,9	30,2	28	45,8	46,2	64,6	50,0	39,3
	Степень тяжести (низкая – очень высокая)	Средняя	Очень высокая	Высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая
Низкорослость	Рост/возраст	20,1	29,5	42	44,7	53,8	68,8	61,5	50,0
	Степень тяжести (низкая – очень высокая)	Средняя	Средняя	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая
Истощение	Вес/Рост	3,0	3,8	2	6,3	7,7	14,6	6,4	10,7
	Степень тяжести (низкая – очень высокая)	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя	Очень высокая	Средняя	Высокая

Вставка 7.2 Продолжение.

Вотдаленном районе Дакронг был выявлен высокий уровень низкого веса и отставания в росте; в некоторых общинах в Дакронге уровень истощения ниже регионального и национального уровней. Именно в отдаленных общинах дикие акватические ресурсы наиболее важны для домохозяйств, чем для домохозяйств в благополучных низменностях.

Выводы

Согласно данным исследования, акватическое биоразнообразие в производственных системах на основе рисоводства вносит значительный вклад в продовольственную безопасность сельского населения. В отдаленных горных районах употребление акватических организмов в пищу выше, чем в низменных районах, но рацион питания включает меньше рыбы и змей, но больше улиток, насекомых и лягушек. В целом чувствуется недостаточное наличие пищи из дикой природы или рынков для удовлетворения потребностей всего населения. Однако за счет акватического биоразнообразия поступает значительное количество питательных веществ в рацион питания. Антропометрические данные показывают, что статус питания хуже в отдаленных районах; из других исследований известно, что эти общины часто испытывают дефицит основных продуктов питания, зачастую в течение нескольких месяцев в год. На этих территориях, водные организмы как часть рациона питания способны удовлетворить базовые потребности людей в калориях, а без акватического разнообразия как источника питания, неизбежно ухудшение недоедания и неблагоприятной продовольственной ситуации. Кроме того, статус здоровья населения тоже может играть важную роль. Согласно полученным данным, есть необходимость в углубленном исследовании роли различных водных организмов в питании, особенно в отдаленных районах, испытывающих недостаток ресурсов.

улов рыбы значительно сократился за последние два десятилетия. По оценкам сельчан через 3-5 лет не останется достаточно рыбы, чтобы зарабатывать на жизнь. Рост людского населения и последующая нагрузка на промысел ресурсов гидробионтов является значительным фактором, снижающим численность живых водных ресурсов. К числу других имеющих к этому отношение можно отнести использование пестицидов, незаконные методы отлова рыбы, такие как электроотлов и химическое отравление. Существует острая необходимость в разработке мер для снижения негативных последствий данных факторов.

Большей частью малоимущее сельское население зависит от акватического биоразнообразия на рисовых полях. У них могут отсутствовать источники заработка, но на многих территориях до сих пор есть доступ к

биоразнообразие, благодаря которому они поддерживают свое существование (вставка 7.2). Особенно опасными факторами являются разрушение сырьевой базы рыболовства из-за перепромысла промышленными рыболовными предприятиями и ограничением доступа к рыбным ресурсам, например, когда рыбопромысловые участки сдаются в аренду коммерческим рыболовным компаниям как места лова рыбы. Это сильно ударит по безземельным малоимущим слоям сельского населения, зависящих от отлова рыбы в дикой природе.

Заключение

Разнообразие акватических разновидностей животных и их значимость для дохода сельского населения, занимающегося рисоводством, касается орошаемых, неорошаемых и глубоководных рисовых экосистем по всему миру (рис. 7.2). Необходимы мероприятия на международном и национальном уровне для оценки роли акватического биоразнообразия в экосистемах на основе рисоводства и доходов сельского населения. Необходимо проведение конкретных исследований о поступлении питательных веществ за счет разнообразия водных организмов в рацион питания домохозяйств, занимающихся рисоводством, в частности в отношении их роли как источника жиров и масел, а также с целью информирования общественности о ценности акватических организмов для здоровья и благосостояния людей (см. глава 15 по статусу питания). На сегодняшний день, мероприятия, запланированные местными институтами в Камбоджи, Китае, Лаосе и Вьетнаме включают национальные и региональные рабочие семинары, во время которых будет представлена информация должностным лицам и сотрудникам учреждений по распространению знаний о сборе и использовании акватических организмов и их значимости как источников дохода для сельского населения (fao/паса, 2003). Подобные мероприятия запланированы в других регионах, в частности в Западной Африке и Латинской Америке.

На политическом уровне, особое внимание следует уделить управлению акватическими ресурсами в рамках развития села, продовольственной безопасности и стратегиям по борьбе с нищетой. Когда ставятся цели о повышении производства риса, необходимо признавать, что общее разнообразие и производительность экосистем для рисоводства очень высоки. Интенсификация и специализация систем для максимизации производства риса в целом будет ассоциироваться с потерями в некоторых других продуктах. Следовательно, критически важно оценивать природу таких изменений, тех,

кому они принесут пользу, и попытаться найти способы минимизации потери и увеличения до максимума прибыли.

Примечание

1. Не всегда можно провести четкое отличие между системами отлова и культивирования. Например, в Таиланде существует промежуточная система, в которой управление системой заключается в том, что зарыбление производится в качестве приманки для диких разновидностей хищных рыб. Такие потери приемлемы, учитывая высокую рыночную стоимость дикой рыбы на местных рынках (Setboonsarng, 1994).

Литература

- Balzer, T., P. Balzer, and S. Pon. 2005. Traditional use and availability of aquatic biodiversity in rice-based ecosystems. I. Kampong Thom Province, Kingdom of Cambodia. In M. Halwart, D. Bartley, and H. Guttman, eds., *Aquatic Biodiversity in Rice-Based Ecosystems* (cd-rom). Rome: fao.
- Choulamany, X. 2005. Traditional use and availability of aquatic biodiversity in rice-based ecosystems. III. Xieng Khouang and Houa Phan provinces, Lao pdr. Northern Laos. In M. Halwart and D. Bartley, eds., *Aquatic Biodiversity in Rice-Based Ecosystems* (cd-rom). Rome: fao.
- Demaine, H. and M. Halwart. 2001. An overview of rice-based small-scale aquaculture. In *Utilizing Different Aquatic Resources for Livelihoods in Asia: A Resource Book*, 189–197. Cavite, Philippines: International Institute of Rural Reconstruction, International Development Research Centre, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific, and International Center for Living Aquatic Resources Management.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. *Nutrition Country Profiles: Viet Nam*. Rome: fao. Available at ftp.fao.org/esn/nutrition/ncp/viemap.pdf.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2002. *Report of the 20th Session of the International Rice Commission*, Bangkok, Thailand, July 23–26, 2002. Rome: fao.
- FAO/MRC (Food and Agriculture Organization of the United Nations and Mekong River Commission). 2003. *New Approaches for the Improvement of Inland Capture Fishery Statistics in the Mekong Basin*. Report of the Ad Hoc Expert Consultation, Udon Thani, Thailand, September 2–5, 2002. Publication No. 2003/01. Bangkok: fao/rap.
- FAO/NACA (Food and Agriculture Organization of the United Nations and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific). 2003. *Traditional Use and Availability of Aquatic Biodiversity in Rice-Based Ecosystems*. Report of a Workshop, Xishuangbanna, Yunnan, P.R. China, October 21–23, 2002. Rome, Italy: FAO. Available at ftp.fao.org/fi/document/xishuangbanna/xishuangbanna.pdf.
- Fernando, C. H. 1993. Rice field ecology and fish culture: An overview. *Hydrobiologia* 259:91–113.
- Fernando, C. H. and M. Halwart. 2001. Fish farming in irrigation systems: Sri Lanka and global view. *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences* 6:1–74.
- Halwart, M. 1994. *Fish as Biocontrol Agents in Rice: The Potential of Common Carp Cyprinus carpio and Nile Tilapia Oreochromis niloticus*. Weikersheim, Germany: Margraf Verlag.
- Halwart, M. 1998. Trends in rice–fish farming. *FAO Aquaculture Newsletter* 18:3–11.
- Halwart, M. 1999. Fish in rice-based farming systems: Trends and prospects. In D. van Tran, ed., *International Rice Commission: Assessment and Orientation Towards the 21st Century*, 130–141. Proceedings of the 19th Session of the International Rice Commission, Cairo, Egypt, September 7–9, 1998. Rome: fao.

- Halwart, M. 2001. Fish as biocontrol agents of vectors and pests of medical and agricultural importance. In *Utilizing Different Aquatic Resources for Livelihoods in Asia: A Resource Book*, 70–75. Cavite, Philippines: International Institute of Rural Reconstruction, International Development Research Centre, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Network of Aquaculture Centers in Asia– Pacific, and International Center for Living Aquatic Resources Management.
- Halwart, M. 2003. Recent initiatives on the availability and use of aquatic organisms in rice- based farming. In *Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission*, 195–206. Bangkok, Thailand, July 23–26, 2002. Rome: fao.
- Halwart, M., M. C. Viray, and G. Kaule. 1998. The potential of *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* for the biological control of aquatic pest snails in rice fields: Effects of predator size, prey size and prey density. *Asian Fisheries Science* 10:31–42.
- Luo, A. 2005. Traditional use and availability of aquatic biodiversity in rice-based ecosystems. II. Xishuangbanna, Yunnan, P.R. China. In M. Halwart, D. Bartley, and J. Margraf, eds., *Aquatic Biodiversity in Rice- Based Ecosystems* (cd- rom). Rome: fao.
- Meusch, E. 2005. Traditional use and availability of aquatic biodiversity in rice-based ecosystems. III. Northwestern Viet Nam. In M. Halwart and D. Bartley, eds., *Aquatic Biodiversity in Rice- Based Ecosystems* (cd- rom). Rome: fao.
- Reinhard, I. and K. B. S. Wijayarathne. 2002. *The Use of Stunting and Wasting as Indicators for Food Insecurity and Poverty*. Working Paper 27, Integrated Food Security Programme tricomalee. Available at www.sas.upenn.edu/~dludden/stunting_wasting.pdf.
- Rola, A. and P. Pingali. 1993. *Pesticides, Rice Productivity, and Farmers' Health: An Economic Assessment*. Manila: International Rice Research Institute and World Resources Institute.
- Setboonsarng, S. 1994. Farmers' perception towards wild fish in rice fields: “Product, not predator”—An experience in rice–fish development in northeast Thailand.
- In C. R. dela Cruz, ed., *Role of Fish in Enhancing Ricefield Ecology and in Integrated Pest Management*, 43–44. ICLARM Conf. Proc. 43. Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management.
- Smith, J. D., ed. 2001. *Biodiversity, the Life of Cambodia: Cambodian Biodiversity Status Report 2001*. Phnom Penh: Cambodia Biodiversity Enabling Activity.

П. КЕВАН И В.А. ВОЖЧИК

Считается, что травоядные, хищники, паразитоиды, паразиты и болезнетворные микроорганизмы имеют экологически важное значение для поддержания экосистем и их разнообразия. Все же, не менее важны их взаимоотношения. Опыление – это ступица спицевого колеса производства, по краям которого расположены все потребители—люди, домашний скот и дикая природа (рис. 8.1). Экологическое взаимодействие в сфере охраны природы и устойчивости окружающей среды. Биологическое разнообразие доминирующей флоры всего мира (цветущие растения) и доминирующей фауны (насекомых) настолько тесно и коэволюционно переплетены посредством опыления, что эрозия процесса повлечет за собой серьезные экологические последствия. В действительности теперь считается, что опыление – это экосистемная услуга, которая подвергается опасности и требует пристального внимания на всей наземной окружающей среде, от интенсивного сельского хозяйства до дикой природы (Buchmann и Nabhan, 1996). Более того, неопыляющие посетители цветов в паутине жизни приносят пользу, но иногда и проблемы, которые являются важными для других аспектов функционирования экосистемы.

Хотя опыление изучается более 200 лет, это явление зачастую упускается из виду или неправильно понимается. Следовательно, существует необходимость в разъяснении роли опылителей и цветов, а также проблем, возникающих из-за сокращения биоразнообразия, а также актуальность природоохранной деятельности. Важность опылителей и других антофилов (посетителей цветов) касается как устойчивости экосистемы, так и воспроизводства растений, производительность культуры и меры борьбы с вредителями, эстетических и этических аспектов качества человеческой жизни. В заключении, опылители и антофилы также могут быть чувствительными биологическими индикаторами здоровья экосистемы.

Опыление, опылители и антофилы

Опыление – это попросту перенос пыльцы с пыльника на рыльце пестика. После появления репродуктивных структур у растения, опыление – это следующий этап в процессе воспроизводства. Абиотическое опыление происходит при



РИСУНОК 8.1. Системы опыления находятся в центре экосистем и функций экосистем. Как прямые, так и косвенные взаимодействия связывают определенным образом всю биосферу с услугами опылителей.

помощи ветра, воды и гравитации. Биотическое опыление производится при помощи животных. Существует обширный специализированный набор терминов по опылению и системам селекции растений, однако для этого обзора нет нужды в его детальном анализе. По культурам, Роубик (1995) и Фри (1993) издали энциклопедические работы.

Антофилы – это животные, которые посещают цветы. Они посещают цветы в поисках пыльцы, нектара, масла или цветочной ткани для удовлетворения потребностей в питании (Kevan, 1999). Опылители – это антофилы, которые опыляют растения. Не все антофилы эффективные опылители: некоторые цветочные воры, уничтожают ресурсы, которые ищут опылители или съедают пыльцу, которая необходима для абиотического опыления (Inoue, 1980); другие безвредные антофилы могут просто отдыхать на цветах и подбедать ресурсы, которые остаются после опыления. Хотя опылители жизненно важны для воспроизводства растений, неопыляющие (или плохо опыляющие) антофилы могут быть также важны для функций экосистем. Например, многие насекомые, которые полезны при биоконтроле вредителей, нуждаются в пище, производимой цветами для спаривания, обнаружения хозяина, откладывания яиц и завершения жизненного цикла (Ruppert, 1993). Также есть антофилы, которые пользуются цветами в качестве ловушек для своих жертв (Kevan, 1999).

Биологическое разнообразие антофилов, опылителей и опыление

Общие сведения

Разнообразие среди антофилов исчисляется миллионами видов. Почти все пчелы и бабочки зависят от цветов. Многие разновидности молей, мух, жуков, ос и муравьев посещают цветы. Антофилия также распространена среди таких менее заметных насекомых как трипсы и кузнечики. Среди других отрядов насекомых антофилия проявляется спорадично, например, у златоглазок и ногохвосток. Среди позвоночных, некоторые группы птиц (например, колибри, цветососы, медососы, танагра - медососы, нектарницы и попугаи лори) и летучие мыши (плодоядная летучая мышь или летучая лисица тропиков Старого Света и обыкновенный листonos из неотропиков) известные антофилы и опылители. Существует даже несколько млекопитающих специализирующихся в планировании и лазании (млекопитающие, приспособленные к лазанию), являющихся важными опылителями, особенно в Австралии и Африке. Даже приматы представляют важность как опылители на некоторых территориях.

В агроэкосистемах

Медоносные пчелы (*Apis* spp.) – это наиболее ценные опылители для сельского хозяйства. Ими удобно пользоваться, транспортируя в ящиках для опыления многих культур. Их биология хорошо известна, а пчеловодство в целях опыления хорошо развито. Тем не менее, пчелы не единственные коммерчески ценные опылители. Кроме того, они опыляют не все сельскохозяйственные культуры (Kevan, 1999). Например, шмели (*Bombus* spp.) опыляют отдельные бобовые культуры, у которых трубки венчиков находятся слишком глубоко, что не позволяет медоносным пчелам достать нектар (Free, 1993). Их поведение подобно жужжащим опылителям (опылители, которые извлекают пыльцу из цветов, производя вибрацию) и их способность разыскивать корм в теплицах отделяет их от пчел. Садовые пчелы (*Osmia* spp.) более эффективны и начинают искать корм при более низких температурах, чем медоносные пчелы (Kevan, 1999). Недавно в Малайзии пчелы-плотники (*Xylocopa* spp.) использовались путем обеспечения гнездового материала для опыления цветков маракуйи, которые слишком крупны для опыления медоносными пчелами (Mardan и др., 1991).

Опыление некоторых сельскохозяйственных культур осуществляется не пчелами, а другими опылителями (таблица 8.1). В тропиках, вопросы опыления особенно важны, потому что естественные механизмы опыления многих

растений (сельскохозяйственных культур и других) неизвестны (Roubik, 1995; Kevan, 2001). Недавние исследования позволили добиться успеха в этой сфере. Оказалось, что жуки опыляют плодовые культуры семейства Анноновых (*Annona* spp.), например, аннона игольчатая и аннона сетчатая, но очень мало информации об опылителях, которые наиболее приспособлены к данным растениям (Roubik, 1995). Масличные пальмы Азии теперь эффективно опыляются интродуцированными с Западной Африки долгоносиками *Elaeidobius kamerunicus* Faust (Curculionidae), которые являются опылителями аборигенных разновидностей деревьев (Kevan, 1999). Выявилось, что бразильский орех является медоносным деревом растением, у которого мужские и женские цветки цветут в разное время, и поэтому самоопыление становится временно невозможным. Следовательно, растение зависит от деятельности опылителей, чтобы завязывать плоды, (Maues, 2002). Тот факт, что обширное семейство мошек и мух опыляет дикие плодовые культуры, указывает на необходимость рассмотрения альтернативных опылителей для многих

Таблица 8.1. Некоторые полезные опылители для коммерческих культур.

Сельскохозяйственная культура	Опылители	Справочные материалы
Красный клевер (<i>Trifolium repens</i>) и другие бобовые	Шмели (<i>Bombus</i> spp.)	Free, 1993
Тепличные томаты и другие пасленовые культуры	Шмели	Banda и Paxton, 1991
Малина	Шмели (превосходят медоносных пчел)	Willmer и др., 1994
Семечковый плод	Садовые пчелы (<i>Osmia</i> spp.)	Kevan, 1999
Люцерна и другие бобовые культуры	Люцерновая пчела-листорез (<i>Megachile</i> spp.)	Richards, 1993
Голубика	<i>Habropoda laboriosa</i>	Cane и Payne, 1988, 1990 г
Кабачок и тыква	Белесая кабачковая пчела (<i>Peponapis pruinosa</i>)	Kevan, 1999
Маракуйя	Пчела-плотник (<i>Xylocopa</i> spp.)	Mardan и др., 1991
Масличная пальма	Долгоносик (<i>Elaeidobius kamerunicus</i> Faust) (Curculionidae)	Kevan, 1999
Разные плодовые культуры семейства Анноновых (Annonaceae)	Жуки	Roubik, 1995
Какао	Галлица (Diptera: Ceratopogonidae)	Free, 1993; Roubik, 1995
Манго	Мухи и другие насекомые	Free, 1993; Roubik, 1995
Дурьян	Летучие мыши	Roubik, 1995
Кешью	Медоносные пчелы (<i>Apis Mellifera</i>) и местные масло-собирающие пчелы (<i>Centris tarsata</i>)	Breno и др., 2002

сельскохозяйственных культур. Значительные усилия еще необходимы, если цель заключается в понимании опыления растений в тропиках.

Тип и количество стимулов, движущих опылителями влияют на опыление, а это часто упускается из виду растениеводами-селекционерами. Медоносные пчелы-сборщицы пыльцы, считаются более эффективными опылителями, чем сборщицы нектара, даже для яблок и подобных культур с чашеобразными цветками, которые производят достаточное количество нектара (Free, 1993). Для культур с особыми формами цветков (например, голубика, клюква), пчелы-сборщицы пыльцы более эффективны, чем сборщицы нектара (Cane и Payne, 1988). Для этих культур, медоносные пчелы зачастую неподходящие опылители, из-за всего лишь небольшой доли пчел-сборщиц пыльцы в колониях, неспособности стряхнуть пыльцу с цветов или опылять вибрацией (Buchmann, 1983). Некоторые культурные растения, которым необходимо или полезно опыление насекомыми, не выделяют нектар и полагаются на насекомых, которые питаются пыльцой. Примерами этому могут служить киви, помидоры и возможно гранаты. Волчий боб, например, производит только пыльцу, но он автоматически самоопыляется.

Опылители

Медоносные пчелы и пчеловодство

Разнообразие методов пчеловодства выходит за пределы того, что представляют собой ульи европейских видов и гибридов медоносных пчел (*Apis mellifera* spp. *ligustica*, *caucasica*, и *carnica*, или итальянская, кавказская и краинская медоносные). Но все же, данные пчелы наиболее изучены, их легче применять в целях опыления и получения продукции пчеловодства (см. Graham, 1992; Crane, 1990).

По африканской и северо-восточной частям зоны обитания *A. mellifera*, аборигенные разновидности содержатся в ульях разного типа и согласно разным методам управления. Многие из данных разновидностей всегда настороже и склонны к тому, чтобы покидать улья искусственные или естественные. Поэтому их сложно содержать. Так называемые пчелы-убийцы, больше известные как африканизированные пчелы (гибрид между европейскими и африканскими разновидностями) распространились от Бразилии по тропической и субтропической Америке со времени интродукции африканского родительского поголовья *A. m. scutellata* из юго-восточной Африки в 1956 г. Эта разновидность известна своей оборонительностью и агрессивностью по отношению к незванным гостям.

В Азии, разводятся другие виды медоносных пчел, или стимулируется их эксплуатация человеком. Наиболее важной из них является Азиатская пчела домашняя (*Apis cerana*), которая составляет большую часть видового разнообразия, так же как и *A. mellifera* (Kevan, 1995). Хотя азиатскую пчелу домашнюю критиковали с точки зрения смирности, все больше внимания уделяется ее потенциалу и ставится под вопрос целесообразность переселения европейских медоносных пчел за пределы зоны их естественного обитания. В тропической и субтропической Азии, другие виды медоносных пчел используются в коммерческих целях. Мед *Apis dorsata*, пчелы индийской гигантской или каменной, собирается в Индии, Бангладеш, Шри-Ланке, Малайзии, Таиланде, Вьетнаме, Камбоджи и Лаосе, так же как и мед ее разновидностей или родственным им видов, *Apis laboriosa* в предгорьях Гималаев и *A. d. binghami* в некоторых частях Архипелага Юговосточной Азии. Даже самая маленькая по размерам медоносная пчела, *Apis florea*, также используется в коммерческих целях.

В тропиках и субтропиках американского континента, где не существует аборигенных видов *Apis*, традиционно разводили безжалых пчел (мелипоны) с доколумбовых времен. Мелипоны пчелы встречаются во всех тропиках в мире, представляя собой огромный потенциал для регулируемого опыления в сельском хозяйстве. Однако недостаточно внимания уделялось их биологии в качестве опылителей (Roubik, 1995).

Аборигенные опылители

Недостаточно известно о важности и степени участия аборигенных пчел в опылении сельскохозяйственных культур (Kremen и др., 2002). По всей видимости, признание важности роли медоносных пчел в опылении в действительности касается других видов. Кастро (2002) изучил около 32 видов плодовых насекомых в Баия (Bahia) в Бразилии и выявил, что хотя аборигенные безжалые пчелы (Apidae: Meliponinae) не так многочисленны как другие виды, они все же являются важными опылителями. В *сельскохозяйственно-природных* условиях - сельскохозяйственные условия, которые расположены или сохранили традиционный природный ландшафт - аборигенные опылители оказывают «бесплатные услуги» (Kremen и др., 2002). Однако эти услуги не доподлинно бесплатные; они зависят от здоровой экосистемы, которая представляет собой зону обитания для аборигенных видов.

Неаборигенные медоносные пчелы или подобные им экзотические виды имеют значительное влияние на системы аборигенных опылителей (Kremen и Ricketts, 2000).

Другие регулируемые опылители

Другие пчелы, не производящие пригодное для заготовки количество меда, применяемые или имеющие потенциал для применения в качестве опылителей включают пчел-листорезов, земляных пчел, обитающих в щелочных почвах, садовых пчел, *Habropoda laboriosa*, *Peponapis pruinosa*, и пчелы-плотники. Эти пчелы упоминались ранее в отношении определенных культур. Крейн (1990) перечисляет около 50 видов пчел, которых содержат в коммерческих целях (очень мало) или в экспериментальных целях для опыления. Колоссальная экономическая ценность некоторых культур пробудила интерес к разработке подходящих способов управления для успешного опыления. В случае опыления ореха кешью в Бразилии (вставка 8.1) показано насколько сложным и комплексным может быть данный процесс.

Гибель опылителей

Опылители гибнут в основном из-за четырех основных видов человеческой деятельности: применение пестицидов, разрушение среды обитания, распространение патогенных микроорганизмов и паразитов, конкуренция со стороны интродуцированных посетителей цветков.

Пестициды

Опасности, которые представляют пестициды, особенно для опылителей хорошо документированы и изучены, в частности в отношении европейской медоносной пчелы. Менее изучена и часто упускается из вида проблема сублетальных воздействий, которые сокращают продолжительность жизни и негативно влияют на кормодобычу, память и навигационные способности некоторых пчел (MacKenzie, 1993). Из нескольких имеющихся сравнительных исследований видно, что токсические уровни пестицидов для медоносных пчел - это ненадежный прогностический фактор опасности, которая грозит другим видам (Kevan, 1999).

Вопросы использования пестицидов в несельскохозяйственных условиях и в агролесоводстве еще более сложны из-за значимости обширного разнообразия опылителей. На востоке Канады, использование фенитротиона в Нью-Брансуик для борьбы с гусеницами листовёртки-почкоеда елового (*Choristoneura fumiferana*) в лесах, прилегающих к фермам, выращивающим голубику, вызвало резкое снижение численности и разнообразия опылителей,

Вставка 8.1 Экономическая ценность кешью (*Anacardium occidentale* L.) для Бразилии и потребность в опылении

Кешью (*Anacardium occidentale* L.) – это однодомное дерево, аборигенное для северо-восточной Бразилии. Оно представляет огромную экономическую ценность для региона благодаря производству орехов, масла и акажу. Расчетная ежегодная экономическая выгода от кешью для Бразилии показана ниже:

Общая площадь садов кешью коммерческого предназначения	650 000 га
Общий годовой урожай орехов	126 000 метрических тонн
Ценность экспорта (только орехи)	135 миллионов долларов США
(масло из ореховой скорлупы)	91 миллионов долларов США
Стоимость продукции растениеводства (орехи, масло и плоды) в пределах Бразилии	54 миллионов долларов США

Тем не менее, урожайность неутешительно мала с коммерческих садов, а исследования показывают, что несоответствующее опыление может быть основной причиной этому. Форма и положение цветка предполагает опыление насекомыми, в частности, пчелами. Хотя многочисленные насекомые посещают цветы кешью—а именно, осы, бабочки и моли—которых считают опылителями, они не могут помочь в завязи плодов, что явно демонстрирует тот факт, что посетители цветов и опылители – это не синонимы. Только пчелы, посещающие цветы, регулярно завязывают плоды на северо-востоке Бразилии. Два вида пчел особенно эффективно опыляют цветки кешью: одинокие аборигенные пчелы *Centris tarsata* и экзотическая медоносная пчела (*Apis mellifera*).

Но есть два аспекта снижения необходимого уровня опыления культивируемых в коммерческих целях кешью на северо-востоке Бразилии. С одной стороны, очень редко или практически никогда насекомые не посещают цветы кешью, которые выращиваются в садах. *Apis mellifera* без охоты посещают цветы кешью, даже когда их привозят в большом количестве в сады, из-за конкурирующих сорных трав в цвету. А другой подходящий опылитель, *C. tarsata*, редко встречается в садах для выращивания коммерческого кешью из-за нарушения среды обитания и отсутствия техники разведения пчел в целях их размножения в больших количествах. Второй аспект снижения, несомненно, связан с садоводческой практикой, при которой частично самостерильные клональные сорта выращиваются на больших территориях без учета того факта, что необходимо обеспечить подходящие источники пыльцы. Эта проблема усугубляется, по мере того как все больше сельскохозяйственных угодий засеваются или вновь засаживаются карликовыми клонами. Одно из очевидных решений это подсеять деревья, производящие подходящую пыльцу для основных культивируемых линий, как делается в яблоневых садах. Эксперименты по опылению ручным способом проводились в Австралии и Бразилии, в результате которых были определены типы или линии кешью, скрещивание которых давало более высокие урожаи. Однако все же будет необходимо учитывать регулирование пчел в садах для выращивания коммерческого кешью, так как они будут необходимы в

Вставка 8.1 Продолжение.

качестве переносчиков подходящей пыльцы.

Из вышеизложенного можно сделать заключение о том, что для повышения урожайности кешью на северо-востоке Бразилии, необходимо уделить серьезное внимание как сохранению и регулированию признанных и эффективных опылителей, а также планировке садов в целях правильной комбинации подходящих линий кешью.

Более подробно об опылении кешью на северо-востоке Бразилии читайте в:

Freitas, B. M. 1994. Beekeeping and cashew in north- eastern Brazil: The balance of honey and nut production. *Bee World* 75(4):160 –168.

Freitas, B. M. and R. J. Paxton. 1998. A comparison of two pollinators: The introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of ne Brazil. *Journal of Applied Ecology* 35:109–121.

Freitas, B. M., R. J. Paxton, and J. P. Holanda- Neto. 2002. Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in ne Brazil. In P. Kevan and V. L. Imperatriz- Fonseca, eds., *Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, 229–244. Brasília, Brazil: Ministry of Environment.

Holanda- Neto, J. P., B. M. Freitas, D. M. Bueno, and Z. B. Araújo. 2002. Low seed/nut productivity in cashew (*Anacardium occidentale*): Effects of self-incompatibility and honey bee (*Apis mellifera*) foraging behaviour. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 77(2):226–231.

Источник: Freitas и др. (2002).

а урожайность голубики статистически сократилась ниже ожидаемых уровней (Kevan, 1999).

Финнамор и Ниэри (1978) указывают 190 видов канадских аборигенных пчел, которые ассоциируются с цветками голубики, зависящей от опыления насекомыми. Последующее восстановление заняло год или два, а в некоторых случаях более семи лет в зависимости от степени повреждений (Kevan, 1999). На сегодняшний день, разнообразие и репродуктивный потенциал опылителей голубики сокращается из-за использования гербицидов, уничтожающих альтернативный корм для опылителей, когда голубика не цветет.

Многие проблемы, связанные с пестицидами, происходят в результате случайностей, халатности в применении и умышленном злоупотреблении, несмотря на предупреждения и рекомендации на этикетках (Johansen и Mayer, 1990). По мере того как применение пестицидов стало более регулируемым, а лица ответственные за их нанесение должны проходить курсы по безопасности и использованию до сертификации, проблема должна постепенно решаться.

Методы обработки, то есть запрет на распыление средства на цветущие растения или распыление пестицидов, когда опылителей нет поблизости – это подходы к сокращению проблем, связанных с применением пестицидов, основанные на здравом смысле, даже когда регулирование ослаблено.

Уничтожение среды обитания

Есть три направления, в которых уничтожение среды обитания влияет на популяции опылителей, как и на популяции любых других организмов: уничтожение источников питания, уничтожение мест для гнездования и откладки яиц, уничтожение мест для отдыха или спаривания. Наиболее распространенные способы уничтожения среды обитания – это установление монокультур, перевыпас, расчистка земли и орошение.

Уничтожение источников пищи на сельскохозяйственных территориях лучше всего демонстрируется примерами удаления растительности, которая обеспечивает пищу для опылителей, когда сельскохозяйственные культуры не цветут (Kevan, 2001). Очень часто, растительность, которая удаляется считается нежелательной, сорняковой растительностью или конкуренцией культурным растениям, в то время как она является незаменимой для опылителей и другим полезным насекомым. Опрыскивание придорожной полосы и уличной зоны гербицидами может сократить разнообразие и численность альтернативных запасов пищи для опылителей.

Уничтожение мест гнездования и откладки яиц было зарегистрировано в 1950-х годах в Манитобе в случае гибели популяции пчел-листорезов, которая осталась без мест гнездовья в пнях и колодах, когда расширились поля люцерны для семеноводства (Stephen, 1955). В Европе, уменьшение численности шмелей совпало с сокращением площади нетронутых земель в зарослях кустарника и несельскохозяйственных угодий (Corbet и др., 1991). В тропиках недостаточное опыление какао комарами-дергунами на плантациях связано с потерей субстратов для откладывания яиц (т.е. гниющая растительность), которые были слишком тщательно вычищены (Winder, 1977). В Малайзии, был обеспечен дополнительный субстрат в виде гниющих пальмовых стволов для увеличения численности популяций опылителей (Kevan, 1999).

Регулирование среды обитания имеющее отношение к сельскому хозяйству, обычно пагубно влияет как на источники пищи, так и места гнездования, что создает двойную проблему для аборигенных опылителей. Это особенно заметно среди популяций опылителей с продолжительным сроком существования, например, колонии шмелей. В развивающихся странах, например, в Африке,

Вставка 8.2 Среда обитания в дикой природе обеспечивает кенийские садовые культуры услугами опылителей

Многие территории в Кении преобразовываются из нетронутых естественных территорий в сельскохозяйственные угодья и поля для производства садоводческих культур, в основном для экспортных рынков. Даже коллективные скотоводческие хозяйства в основном представлены животноводческими общинами, например, Масаи, начинают принимать участие на этих рынках.

В коллективном скотоводческом хозяйстве ол Кириматиан (ol' Kirimatian), к юго-востоку от Найроби и за пределами оз. Магади, небольшие реки, текущие с крутого откоса Нгуруман были направлены одним руслом в открытые поливные борозды, что позволило заниматься выращиванием садоводческих культур. Земли, осваиваемые под сельскохозяйственные угодья, в основном состоят из прибрежных лесов *Acacia tortilis*. Плодовые культуры выращиваются круглый год для реализации на рынке и приобретаются посредниками, которые перевозят овощи в аэропорт, чтобы вскоре после этого продать их на рынках Лондона и других городов Европы.

Многие садовые культуры, выращиваемые на ферме ол Кириматиан, нуждаются или получают пользу от услуг опылителей, в том числе баклажаны, окра и горькая тыква бутылочная. Что касается баклажанов, культура полностью зависима от аборигенных пчел-опылителей, в частности тех, которые опыляют при помощи вибрации—то есть, захватывают целостями цветок и вибрируют мускулами крыльев при определенной частоте, так пыльца вылетает из небольших пор в цветке и может перенестись на другой цветок для завязи плода. Медоносные пчелы не могут опылять вибрацией, но два вида одиноких пчел, которые встречаются в естественной среде обитания в лесах, которые вырубаются под фермы, считаются очень эффективными опылителями. Один вид — это пчела-плотник, гнездящаяся в старых деревьях; другой вид — это гнездящаяся в земле пчела под названием *Macronomia ru-fi pes*. С баклажанов пчелы берут только пыльцу, так как они не производят нектар. Поэтому они не могут жить исключительно на сельскохозяйственной земле, они пользуются другими ресурсами вдоль тропинок на фермах и на лесных участках, которые еще не были расчищены.

Естественная природная среда вокруг сельскохозяйственных угодий исследовалась с целью определения степени, в которой опылители также пользуются цветочными ресурсами в дикой природе. В течение многих месяцев основные опылители баклажанов пользовались цветочными ресурсами вблизи ферм, в основном, рудеральными сорняками вдоль тропинок ферм. Но в самые засушливые месяцы, до начала дождей, основные опылители баклажана собирались в большом количестве в остатках прибрежных лесов *Acacia tortilis* и максимально пользовались его цветочными ресурсами.

Можно выдвинуть аргумент о том, что естественная среда обитания не может оказать большую часть услуг опылителей. Но если у опылителей не будет альтернативных цветочных ресурсов в дикой среде обитания, возможно только временно в период очень сухих сезонов, они не смогут выжить в этой

Вставка 8.2 Продолжение на следующей странице.

Вставка 8.2 Продолжение.

засушливой и критической экосистеме. Альтернативные издержки сохранения среды обитания в дикой природе среди полей, несомненно, зависят от нескольких параметров — в том числе стручки из под семян *Acacia tortilis* в качестве корма для коз — компенсация за потенциальные доходы, которые были бы получены при расчистке и освоении земель для возделывания сельскохозяйственных культур. Добавленная стоимость в виде среды обитания для опылителей культур позволит перевесить чашу весов в пользу сохранения некоторых естественных сред обитания в ландшафте развивающегося сельского хозяйства.

Источник: Barbara Gemmill, Африканская инициатива по опылению, Найроби и Alfred Ochieng, Университет Найроби, Факультет Ботаники.

стоит проблема, касающаяся тех же ресурсов опылителей, как и в средах обитания, которые регулируются в сельскохозяйственных целях. Кенийская садоводческая индустрия, описанная во вставке 8.2, является одним из многих примеров того, как дикие среды обитания повышают энергичность и постоянство услуг естественных опылителей.

В целом вопрос уничтожения сред обитания опылителей обратил на себя внимание широкой общественности. Дэниел Янзен (1974) в своей статье «Обрывая цветы Америки» иллюстрирует проблему.

Он указывает на наличие порочного круга начинающегося с сокращения растительности для ресурсов опылителей, сокращение опыления растительности, угнетение успешности репродуктивного цикла растений, и снижение уровня образования семян и завязи плодов, что ведет к прекращению возобновления растительного покрова с тем же уровнем биологического разнообразия, который бы присутствовал в противном случае.

Паразиты и патогенные микроорганизмы

Клещи как паразиты медоносных пчел вызвали озабоченность во всем мире, так как трахейные клещи (*Acarapis woodi*) и варазозные клещи (*Varroa jacobsoni*) распространились с тревожной скоростью (Needham и др., 1988; Connors и др., 1993). Было выдвинуто предложение о том, что многие непрофессиональные и мелкомасштабные пчеловоды прекратили свою деятельность из-за дополнительных трудностей в регулировании пчел и связанного с этим мониторинга клещей и борьбы с ними по мере обнаружения. Количество диких колоний медоносных пчел значительно сократилось из-за заражения клещами, которое распространилось по Соединенным Штатам. Комбинированное

воздействие утраты пчел пчеловодов-любителей и сокращение численности диких колоний уже пагубно повлияло на опыление растений в сельской и городской местностях, как прогнозировалось несколько лет назад (Kevan, 1999). Кроме того, меры химической борьбы с клещами могут быть неприемлемы для производителей чистого меда из-за возможности загрязнения продуктов питания для человека и другой продукции ульев.

Болезни могут привести к серьезным потерям, если не соблюдать соответствующие меры контроля посредством мониторинга и обработки. Для разведения европейских медоносных пчел наибольшую опасность представляет гнилец, бактериальное заболевание личинок. Другие болезни, например, европейский гнилец пчел (бактерии), известковый расплод (грибки) и мешотчатый расплод (вирусы) менее проблематичны. Единственное серьезное заболевание взрослых европейских медоносных пчел – это дизентерия (протозойный *Nosema*). Что касается азиатских домашних пчел, тайский мешотчатый расплод вызвал повсеместные потери, так как эпидемия пронеслась по некоторым частям Азии, за которой последовало развитие устойчивости и восстановление популяций (Kevan, 1995).

Пчелы-листорезы также страдают от определенных заболеваний. Наиболее серьезное из них это известковый расплод, вызванный грибами (возбудитель *Ascosphaera aggregata*) у пчел-листорезов, живущих в люцерне (*Megachile rotundata*) (Vandenberg и Stephen, 1982). Необходимо обеспечить условия для диагностики на определенных территориях (например, на западе Канады), где этот вид пчел является самым важным опылителем люцерны. Борьба с этим заболеванием включает тщательные меры санитарного управления, фумигация зараженного болезнетворными микроорганизмами подстилочного материала для гнезда (Goettel и др., 1993).

Конкурентное взаимодействие

Наиболее изученные конкурентные взаимодействия между опылителями в отношении опыления – это воздействие африканизированных медоносных пчел на аборигенных опылителей и европейских рас медоносных пчел в Южной и Центральной Америке. Рубик (1978) первым отметил явное сокращение популяций аборигенных пчел в Центральной Америке после вторжения африканизированных пчел. Позже, он связал данное явление с более широким контекстом (Roubik, 1989), но весь вопрос конкурентных взаимодействий африканизированных пчел с аборигенными опылителями в Южной и Центральной Америке очень сложный. Оказалось, что ни один

из местных видов пчел не вымер из-за конкурентного взаимодействия с экзотическими медоносными пчелами.

В Австралии, недавно проводились дебаты по поводу влияния интродуцированных европейских разновидностей медоносных пчел на местную флору или фауну опылителей. Пейтон (1993) пришел к заключению о том, что существует обоснование опасения о том, что европейские медоносные пчелы сократили уровень опыления некоторых местных растений, особенно тех, которые опыляются птицами, собирая весь нектар, который привлекает птиц, что привело к изменениям в их популяции и привычках кормодобывания. Сагден и Пайк (1991) пришли к заключению о том, что конкуренция с медоносными пчелами сократила популяцию аборигенных пчел (например, *Exoneura asimillima*). Вопрос о влиянии европейской медоносной пчелы на аборигенных насекомых-опылителей не очень ясен с точки зрения ботаники, но одинаковые тенденции проявляются в отношении аборигенных пчел. Последовательность событий показана ниже:

1. Медоносные пчелы вытесняют аборигенных опылителей, уничтожая цветочные ресурсы.
2. Медоносные пчелы могут быть неспособны к опылению цветов, с которых они собирают все ресурсы.
3. Затем растения не могут размножаться половым способом или вообще каким-либо способом и их популяции истощаются.
4. Численность оставшихся и сократившихся популяций аборигенных опылителей продолжает снижаться.

Разводимые в промышленных масштабах шмели являются важным компонентом производства тепличных помидоров (Kevan, 1999). Используется, по крайней мере, три регионально аборигенных вида: *Bombus terrestris* L. в Европе, *B. impatiens* Cresson на востоке Северной Америки, и *B. occidentalis* Greene на западе Северной Америки. Намеченная интродукция неаборигенных видов пчел должна осуществляться с большой осторожностью, с должным вниманием к соблюдению норм карантина, а что более важно, с учетом возможных экологических последствий неизбежных случаев высвобождения насекомых. Ранее, европейские шмели были завезены в Новую Зеландию, Чили, Тасманию, Японию и возможно в Аргентину (в 1993 или 1994), в основном без должного анализа последствий. Дафни и Шмида (1996) также высказывают опасения о воздействии *Bombus terrestris* на антофильную фауну и опыление флоры на горе Кармил в Израиле. В Индонезии, интродуцирование азиатской домашней пчелы (*Apis cerana*) с запада линий Уоллеса (Wallace) и Вегенера (Wegener) в Ириан-Джаю (Irian Jaya) привело к распространению

данного вида пчел в соседнюю Папуа Новую Гвинею, откуда теперь она грозит распространением в Австралию. Последствия интродуцирования таким способом для разнообразия и численности аборигенных опылителей, а впоследствии и для аборигенной флоры, еще не оценивались.

Защита и содействие

Защита местных опылителей крайне важна для устойчивости мирового производства. Разрушение среды обитания, от мест гнездования до источников пищи (Janzen, 1974) – это главная проблема. Интродуцированные заболевания грозят здоровью аборигенных разновидностей медоносных пчел и их функциям опыления в Африке. Несмотря на то, что влияние пестицидов становится менее значимым в сельском хозяйстве Северной Америки и Европы, а инсектициды используются все меньше, этот вопрос остается актуальным повсеместно. Конкурентное взаимодействие между посетителями растений представляется важным в тропиках и субтропиках американского континента и в Австралии.

Другие антофилы

Многие антофилы не представляют важности в качестве опылителей, но цветочные ресурсы важны в их жизни. Другие насекомые, посещающие цветы в частности хищники и паразиториды неоценимы, благодаря контролю популяций распространяющих заразу насекомых во всех природных средах. Субъекты биорегулирования представляют собой особенно важную группу насекомых в агроэкосистемах. Леиус (1967) показал, что случаи паразитизма типа наездников-ихневмонов среди яблонной плодовой моли в яблоневых садах, встречались чаще, когда в садах находились такие цветочные ресурсы, как цветки сорняков. Сайм (1975) отметил важность цветочных ресурсов для субъектов биорегулирования также и в лесах. В действительности, уже давно предполагалось, что безуспешность выявления потенциально полезных субъектов биорегулирования для борьбы с хрущиком японским объясняется, по крайней мере, частично отсутствием цветочных ресурсов (King и Holloway, 1930). Конечно, сообщалось о некоторых успехах в выявлении большой численности естественных агентов, обеспечивающих биорегулирование вредных насекомых в сельскохозяйственных системах с низким уровнем начальных капиталовложений, что можно отнести на счет наличия цветочных ресурсов (см. Kevan, 1999).

Вставка 8.3 Тревожные сигналы из яблоневых долин Гиндукуш-Гималайского региона

Яблоки развились как ведущая товарная культура в нескольких районах Гиндукуш-Гималайского (ГКГ) региона, что предполагало улучшение финансового статуса многих фермеров. Они могут обеспечить 60–80% общего дохода домохозяйств, так как согласно результатам исследований, на территориях, где выращивают яблоки, теперь гарантированы продовольственная безопасность и экономическое благосостояние. По оценкам ежегодное производство ГКГ 2,2 миллионов метрических тонн яблок помогло получить доход в размере 500 миллионов долларов США в год тем, кто участвует в выращивании и реализации яблок.

Однако потенциал для улучшений равноценно велик: Средний урожай яблок в регионе ГКГ (2,5–12,9 тонн/га) низок и имеется тенденция к его снижению. Проблемы, связанные с неполноценным опылением и недостаточной степенью оплодотворения, вызваны нехваткой насекомых-опылителей и неблагоприятными погодными условиями как было определено в полевых исследованиях, проведенных Международным центром по интегрированному развитию гор в качестве основных причин снижения производительности.

Два основных фактора вызвали неполноценное опыление. Многие коммерческие сорта, высаживаемые фермерами в регионе ГКГ самонесовместимы и нуждаются в перекрестном опылении с совместимым сортом опылителей. Многие фермеры не понимают необходимости или не желают выделить землю для сортов опылителей, которые имеют низкую рыночную ценность. В целом, более половины фермеров на изучаемых территориях имели меньше необходимого минимума 20% сортов для опыления в своих садах; в основном 7–12%.

В последнее время разнообразие и численность естественных опылителей-насекомых сокращались по нескольким причинам, в том числе потеря мест гнездования ввиду вырубki леса и расчистки пастбищных угодий для сельскохозяйственных целей и неизбирательное использование пестицидов. Большинство фермеров определили пестициды как основную причину потери естественных опылителей насекомых. Также считалось, что увеличение площади садов сыграло в этом роль, так как естественные популяции насекомых слишком малочисленны, чтобы опылять вновь разработанные обширные территории яблоневых садов.

На двух изученных участках региона ГКГ— Химачал-Прадеш (Himachal Pradesh) в Индии и долина Маоксиан (Maoxian) в Китае—производительность так резко упала, что фермерам и учреждениям пришлось оперативно искать решение. Именно на этих территориях была впервые признана проблема недостаточного опыления, и именно здесь фермеры и учреждения начали исследовать и апробировать варианты регулирования процесса опыления.

Благодаря усилиям государственных учреждений, большинство фермеров, выращивающих яблоки в Химачал-Прадеш, теперь хорошо осведомлены о проблеме опыления яблок и ее причинных факторах. Меры регулирования

Вставка 8.3 Продолжение.

включают в себя посадку разных сортов опылителей, увеличение доли деревьев-опылителей, а также числа насекомых-опылителей в садах, в том числе посредством увеличения доли использования регулируемых колоний медоносных пчел.

В округе Маоксиан (Maoxian) в Китае применяют другой подход. Здесь распространено опыление яблок ручным методом. Так как сады небольшие, семьи фермеров стараются опылять сады своими силами, обучая всех членов семьи, в результате чего, в опылении участвует вся община. Фермеры также делят дни или нанимают рабочих для опыления яблоневых садов. Таких рабочих называли «люди-пчелы», так как они выполняют работу, которой обычно занимаются медоносные пчелы. Преимущество состоит в том, что можно сажать меньше деревьев, что позволяет максимально использовать скудные земельные ресурсы для производства товарных сортов плодовой культуры.

Источник: Uma Partap, Международный центр по интегрированному развитию гор.

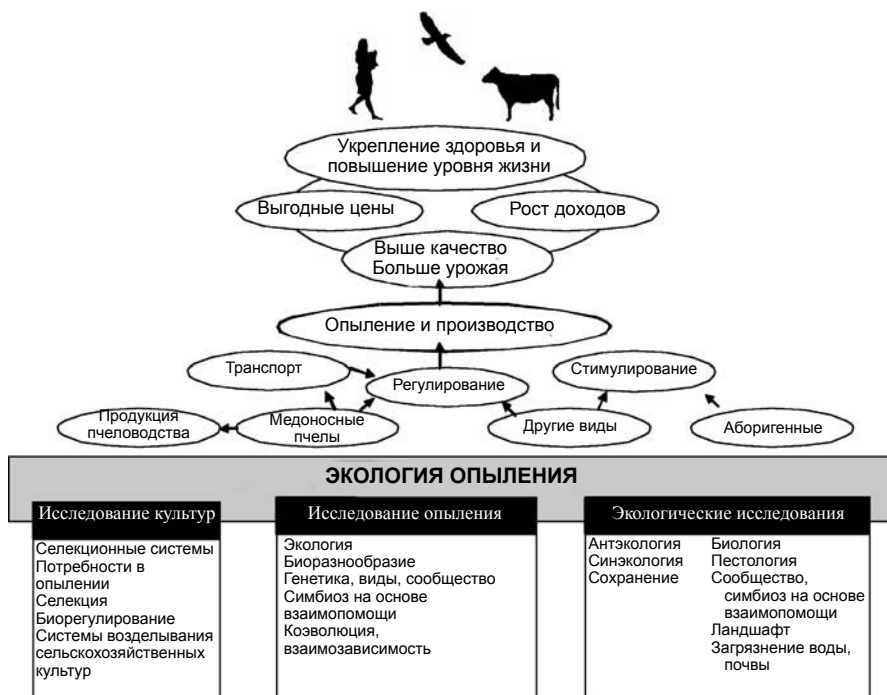


РИСУНОК 8.2. Глубокое понимание экологии опыления – это основа для сознательных и правительственных решений в отношении производственных систем. Ассоциативно, такое понимание ведет к укреплению здоровья и повышению уровня жизни для всех участвующих сторон.

Система для выращивания сельскохозяйственных культур, устойчивость и биоразнообразие

Сельское хозяйство быстро меняется по всему миру. В Северной Америке и Европе некоторые земли изымают из сельскохозяйственного обращения (Corbet, 1995), а другие земли культивируются еще более интенсивно. В других случаях поступают экологически целесообразно, то есть применяются методы работы с низким уровнем начальных вложений, например, органические методы земледелия, незначительная обработка почвы или беспашотное земледелие (Johnston и др., 1971; Gess и Gess, 1993). Такие тенденции в сочетании с сокращением использования пестицидов в целом благоприятствуют опылителям и опылению. Однако экологически правильное планирование таких изменений в землепользовании не осуществляется, а ключевая роль опылителей в целом не принимается во внимание.

В развивающихся странах, расширяющийся сектор сельского хозяйства, увеличение роли монокультур, интенсификация систем возделывания сельскохозяйственных культур, возрастающее использование агрохимикатов и быстрое ухудшение естественных территорий – все они представляют серьезные проблемы. Случай яблоневых долин Гиндукушко-Гималайского региона – это явный пример необходимости уделить внимание системам опыления ради здоровья экосистемы и устойчивости промышленности (вставка 8.3). Беспокоит нехватка соответствующей информации о роли и биологическом разнообразии опылителей, снижении их роли в естественных и сельскохозяйственных системах. Хотя ситуация в этих странах критическая, а усилия Международного исследовательского института пчеловодства—посредством ряда Конференций по тропической апиологии—оказывают какое-то влияние (Kevan, 2001), опыление все же остается без внимания. Понимание вопросов экологии опыления ведет к улучшению сельскохозяйственной экономики и устойчивым урожаям, что в свою очередь повышает уровень жизни для людей, участвующих в данном процессе (рис. 8.2).

Биоиндикаторы

Биоиндикаторы – это организмы, которые своим присутствием (численностью) или отсутствием дают знать о текущих явлениях в экосистеме. Разновидности биоиндикаторов обычно используются для диагностики проблем. Существуют индикаторы анаэробных вод, быстрого эвтрофирования, загрязнения и пестицидов. Они также указывают на проблемы амелиорации или даже позволяют предположить, что явления в экосистеме происходят согласно

ожиданиям, в нормальных пределах. В последних случаях, применяемые разновидности живых организмов могут быть индикаторами некоторых аспектов здоровья экосистемы.

Агрохимикаты

Опылители, особенно медоносные пчелы, часто гибнут в больших количествах из-за применения инсектицидов. Другие пестициды также могут накапливаться в организме пчел и ульях. Аналитические методы обнаружения остаточных количеств хорошо разработаны, поэтому пчелы и продукция в ульях могут быть использованы для мониторинга пестицидов в окружающей среде. Чаще всего, берутся пробы токсических остатков для определения вероятной причины гибели пчел и опасности, которые пестициды представляют для опылителей, а не в целях экологического мониторинга.

Загрязняющие вещества

Медоносные пчелы часто изучаются с целью мониторинга загрязняющих веществ. Мед и пыльца могут быть заражены различными промышленными загрязняющими веществами. Выброс мышьяка и кадмия может вызвать массовую гибель медоносных пчел, загрязнение пыльцы, но не нектара (Krunić и др., 1989). Накопление радиоизотопов в меде и пыльце после Чернобыльской катастрофы в апреле 1986 года демонстрирует ценность колоний медоносных пчел как пробоотборников местного, регионального и глобального качества окружающей среды (Bunzl и др., 1988; Ford и др., 1988). Они также могут служить пробоотборниками флюоридов (Dewey, 1973), тяжелых металлов (Stein и Umland, 1987) и органических соединений (Anderson и Wojtas, 1986; Morse и др., 1987) в цветочном нектаре, пыльце и собственных телах. Пчел пропагандировали как биоиндикаторы в природной, сельскохозяйственной, промышленной и городской среде обитания человека, но, несмотря на их доказанную ценность, программы для их использования в качестве агентов биомониторинга еще не были учреждены (Kevan, 1999, 2001).

Броменшенк и др. (1991) рассматривают проблему динамики популяции медоносных пчел относительно уровня загрязнения, таким образом, расширяя охват проблемы здоровья опылителей за пределы угрозы пестицидов. Недостаточно информации о влиянии загрязняющих веществ на других опылителей. Данные Дюи (1973) показывают, что самые высокие уровни

флюорида вызванные деятельностью цеха для электролиза алюминия, были обнаружены среди насекомых, посещающих цветы (шмели, бабочки, журчалки). Дioxid серы снижает деятельность опылителей, в том числе медоносных пчел и самцов галиктидов (*Lasioglossum zephyrum*), но не убивает их (Ginevan и др., 1980).

Стресс и здоровье экосистем

Идея возможности применения понятия здоровья к экосистемам не нова, но она с трудом была признана, так как существуют проблемы измерения такого здоровья (см. главу 18). Одно из обобщающих понятий в экологии – это конкурентное исключение и нишевые иерархии, которые организованы по степени перекрытия. Сугихара (1980) утверждает, что в сложных сообществах организмов, виды занимают иерархию ниш с частичным перекрытием. Теоретические результаты, например организация, учитывая физические ограничения окружающей среды, заключаются в общеизвестных логарифмически нормальных отношениях между разнообразием видов и численностью. Мы согласны с утверждением Сугихара (1980) о биологическом смысле логарифмически нормального отношения. Взаимодействия растений и животных в процессе опыления позволили сделать некоторые обобщения в отношении структуры и динамики экологических сообществ. Следовательно, она была включена в критерии здоровья экосистемы, которая включает опылителей.

Киван и др. (1997) выдвинули гипотезу о том, что в окружающей среде полей голубики, подвергнутой воздействию инсектицидов с 1970 по 1975 в южно-центральной части Нью-Брансуик в Канаде, логарифмически нормальные связи между разнообразием видов и численности опыляющих пчел были бы нарушены. Мы проверили вышеназванную гипотезу по данным с восточной, центральной и юго-западной частей Нью-Брансуика и по двум периодам: годы, когда применялся инсектицид фенитротрион в центральной части, и годы, когда применение препарата прекращалось вблизи полей голубики. Почти все массивы наших данных были логарифмически нормальными за исключением данных с центральной части Нью Брансуика, собранных в годы применения фенитротриона. Мы предположили, что отсутствие логарифмической нормы указывает на нездоровье экосистемы.

Выводы

Охрана медоносных пчел, других одомашненных пчел и других опылителей – это важная проблема в глобальном контексте устойчивой сельскохозяйственной и природной производительности. Любопытен тот факт, что хотя известны основные опылители многих культур, выращиваемых в умеренных поясах мира, количественные отношения популяций, деятельности и плотности опылителей к плотности растений и цветов и впоследствии с завязыванием семян в целом неизвестны. Опылители многих тропических культур неправильно определены, неизвестны или предполагается, что их опылителями являются пчелы. Кроме того, системы селекции многих тропических сельскохозяйственных культур неизвестны или неправильно истолкованы. Необходимо, чтобы пчеловоды расширяли свои горизонты для охвата культуры других насекомых кроме медоносных пчел и, чтобы понять важность других опылителей в сельском хозяйстве. Во времена крайней озабоченности глобальной экологической устойчивостью и охраной биоразнообразия, актуальность опыления и процессов, оказывающих на него вредное воздействие, охватывают целый ряд взаимосвязанных вопросов. Необходимость сохранения, творческие подходы к управлению, базовые биологические исследования должны быть полностью признаны биологами, экологами, специалистами сельского хозяйства и общим населением в новом свете глобальной экологической устойчивости и сохранения биоразнообразия.

Выражение признательности

Мы благодарим всех наших коллег за щедрый обмен идеями. Хотелось бы выразить благодарность за ту работу, которая была выполнена для сбора и обобщения знаний, имеющихся по опылителям и сохранению опылителей. Мы также благодарим Конвенцию по биологическому разнообразию за содействие.

Литература

- Anderson, J. and M. A. Wojtas. 1986. Honey bees (Hymenoptera: Apidae) contaminated with pesticides and polychlorinated biphenyls. *Journal of Economic Entomology* 79:1200–1205.
- Banda, H. J. and R. J. Paxton. 1991. Pollination of green house tomatoes by bees. *Acta Horticultura* 288:194–198.
- Breno, M. F., R. J. Paxton, and J. P. de Holanda- Neto. 2002. Identifying pollinators among an array of

- flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in NE Brazil. In P. G. Kevan and V. L. Imperatriz-Fonseca, eds., *Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, 229–244. Brasilia- DF, Brazil: Ministry of the Environment.
- Bromenshenk, J. J., J. L. Gudatis, S. R. Carlson, J. M. Thomas, and M. A. Simmons. 1991. Population dynamics of honey bee nucleus colonies exposed to industrial pollutants. *Apidologie* 22:359–369.
- Buchmann, S. E. 1983. Buzz pollination in angiosperms. In C. E. Jones and R. J. Little, eds., *Handbook of Experimental Pollination Biology*, 73–113. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Buchmann, S. E. and G. P. Nabhan. 1996. *The Forgotten Pollinators*. Washington, dc: Island Press.
- Bunzl, K., W. Kracke, and G. Vorwohl. 1988. Transfer of Chernobyl- derived ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I , and ^{103}Ru from flowers to honey and pollen. *Journal of Environmental Radioactivity* 6:261–269.
- Cane, J. H. and J. A. Payne. 1988. Foraging ecology of *Habropoda laboriosa* (Hymenoptera: Anthophoridae), and oligolege of blueberries (Ericaceae: *Vaccinium*) in south- eastern United States. *Annals of Entomology* 81:419–427.
- Cane, J. H. and J. A. Payne. 1990. Native bee pollinates rabbiteye blueberry. *Highlights in Agricultural Research, Alabama Agricultural Research Station* 37(4):4.
- Castro, M. S. 2002. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: Potential pollinators and their conservation. In P. G. Kevan and V. L. Imperatriz-Fonseca, eds., *Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, 275– 288. Brasilia- DF, Brazil: Ministry of the Environment.
- Connor, L. J., T. Rinderer, H. A. Sylvester, and S. Wongsiri, eds. 1993. Asian apiculture. In *Proceedings of the First International Conference on the Asian Honey Bees and Bee Mites*, 8. Cheshire, ct: Wicwas Press.
- Corbet, S. A. 1995. Insects, plants and succession: Advantages of long- term set- aside. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 53:201–217.
- Corbet, S. A., I. H. Williams, and J. L. Osborne. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World* 72:47–59.
- Crane, E. 1990. *Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources*. Oxford, uk: Heinemann Newnes.
- Dafni, A. and A. Shmida. 1996. The possible ecological implications of the invasion of *Bombus terrestris* (L.) (Apidae) at Mt Carmel, Israel. In A. S. L. Matheson, C. Buchmann, P. O'Toole, P. Westrich, and I. H. Williams, eds., *The Conservation of Bees*, 183–200. Linnean Society Symposium Series Number 18. London: Academic Press.
- Dewey, J. E. 1973. Accumulation of fluorides by insects near an emission source in western Montana. *Environmental Entomology* 2:179–182.
- Finnamore, B. and M. A. Neary. 1978. Blueberry pollinators of Nova Scotia, with a check list of the blueberry pollinators of eastern Canada and northeastern United States. *Annales de la Societé Entomologique de Québec* 23:161–181.
- Ford, B. C., W. A. Jester, S. M. Griffith, R. A. Morse, R. R. Zall, D. M. Burgett, F. W. Bodyfelt, and D. J. Lisk. 1988. Cesium- 134 and cesium- 137 in honey bees and cheese samples collected in the US after the Chernobyl accident. *Chemo-sphere* 17:1153–1157.
- Free, J. B. 1993. *Insect Pollination of Crops*, 2nd ed. London: Academic Press.
- Freitas, B. M., R. J. Paxton, and J. P. Holanda- Neto. 2002. Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in ne Brazil. In P. Kevan and V. L. Imperatriz-Fonseca, eds., *Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, 229–244. Brasília, Brazil: Ministry of Environment.
- Gess, F. W. and S. K. Gess. 1993. Effects of increasing land utilization on species representation and diversity of aculeate wasps and bees in the semi- arid areas of southern Africa. In J. Lasalle and I. D. Gauld, eds., *Hymenoptera and Biodiversity*, 83–114. Wallingford, uk: cab International.
- Ginevan, M. E., D. D. Lane, and L. Greenberg. 1980. Ambient air concentration of sulfur dioxide affects flight activity in bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 77:5631–5633.
- Goettel, M. S., K. W. Richards, and D. W. Goerzen. 1993. Decontamination of *Asco-sphaera aggregata*

- spores from alfalfa leafcutting bee (*Megachile rotundata*) nesting material by fumigation with paraformaldehyde. *Bee Science* 3(1):22–25.
- Graham, J. M. 1992. *The Hive and the Honey Bee*. Hamilton, il: Dadant & Sons.
- Inouye, D. W. 1980. The terminology of floral larceny. *Ecology* 61:1251–1253.
- Janzen, D. H. 1974. The deflowering of America. *Natural History* 83:48–53.
- Johansen, C. A. and D. F. Mayer. 1990. *Pollinator Protection. A Bee and Pesticide Handbook*. Cheshire, ct: Wicwas Press.
- Johnston, A., J. F. Dormaar, and S. S. Smoliak. 1971. Long- term grazing effects on fescue grassland soils. *Journal of Range Management* 24:185–188.
- Kevan, P. G., ed. 1995. *The Asiatic Hive Bee: Apiculture, Biology, and Role in Sustainable Development in Tropical and Subtropical Asia*. Cambridge, on, Canada: Enviroquest Limited.
- Kevan, P. G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: Species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:373–393.
- Kevan, P. G. 2001. Pollination: A plinth, pedestal and pillar for terrestrial productivity. The why, how and where of pollination protection, conservation and promotion. In C. S. Stubbs and F. A. Drummond, eds., *Bees and Crop Pollination: Crisis, Crossroads, Conservation*, 7–68. Lanham, md: Entomological Society of America.
- Kevan, P. G., C. F. Greco, and S. Belaoussoff. 1997. Log- normality of biodiversity and abundance in diagnosis and measuring of ecosystemic health: Pesticide stress on pollinators on blueberry heaths. *Journal of Applied Ecology* 34:1122–1136.
- King, J. L. and J. K. Holloway. 1930. *Tiphia popilliavora Rohwer, a Parasite of the Japanese Beetle*. U.S. Department of Agriculture Circular No. 145. Washington, dc: U.S. Government Printing Office.
- Kremen, C. and T. Ricketts. 2000. Global perspective on pollination disruptions. *Conservation Biology* 14:1226–1228.
- Kremen, C., N. M. Williams, and R. W. Throp. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS* 99:16812–16816.
- Krunic, M. D., L. R. Terzic, and J. M. Kulincevic. 1989. Honey resistance to air contamination with arsenic from a copper processing plant. *Apidologie* 20:251–255.
- Leius, K. 1967. Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. *Canadian Entomologist* 99:444–446.
- MacKenzie, K. E. 1993. Honey bees and pesticides: A complex problem. *Vector Control Bulletin of the North Central States* 1(2):123–136.
- Mardan, M., I. M. Yatim, and M. R. Khalid. 1991. Nesting biology and foraging activity of carpenter bee on passion fruit. *Acta Horticultura* 288:127–132.
- Maues, M. M. 2002. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonl. Lecythidaceae) in eastern Amazonia. In P. G. Kevan and V. L. Imeratriz-Fonseca, eds., *Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, 245–254. Brasilia-DF, Brazil: Ministry of the Environment.
- Morse, R. A., T. W. Culliney, W. H. Gutenmann, C. B. Littman, and D. J. Lisk. 1987. Polychlorinated biphenyls in honey bees. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 38:271–276.
- Needham, G. R., R. E. Page, M. Delfinado-Baker, and C. E. Bowman, eds. 1988. *Africanized Honey Bees and Bee Mites*. Chichester, En gland: Ellis Harwood, Ltd.
- Paton, D. C. 1993. Honeybees in the Australian environment. *BioScience* 43:95–103.
- Richards, K. W. 1993. Non-*Apis* bees as crop pollinators. *Revue Suisse de Zoologie* 100:807–822.
- Roubik, D. W. 1978. Competitive interactions between neotropical pollinators and Africanized honeybees. *Science (Washington)* 201:1030–1032.
- Roubik, D. W. 1989. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Roubik, D. W., ed. 1995. *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. FAO Agricultural Ser vices

Bulletin No. 118. Rome: fao.

- Ruppert, V. 1993. Einfl usz blütenreicher Feldrandstrukturen auf die Dichte blüten-besuchender Nutzinsekten insbesondere der Syrphinae (Diptera: Syrphidae). *Agrarökologie* 8:1–149.
- Stein, K. and F. Umland. 1987. Mobile und immobile Probensammlung mit Hilfe von Bienen und Birken. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie* 327:132 –141.
- Stephen, W. P. 1955. Alfalfa pollination in Manitoba. *Journal of Economic Entomology* 48:543–548.
- Sugden, E. A. and G. H. Pyke. 1991. Effects of honey bees on colonies of *Exoneura asimillima*, an Australian native bee. *Australian Journal of Ecology* 16:171–181.
- Sugihara, G. 1980. Minimal community structure: An explanation of species abundance patterns. *American Naturalist* 116:770–787.
- Syme, P. D. 1975. The effects of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the Europeanpine shoot moth in Ontario. *Environmental Entomology* 4:337–346.
- Vandenberg, J. D. and W. P. Stephen. 1982. Etiology and symptomology of chalk-brood in the alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*. *Journal of Invertebrate Pathology* 39:133–137.
- Willmer, P. G., A. A. M. Bataw, and J. P. Hughes. 1994. The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: Insect visits to raspberry flowers. *Ecological Entomology* 19:271–284.
- Winder, J. A. 1977. Some organic substrates which serve as insect breeding sites in Bahian cocoa plantations. *Revista Brasileira de Biologia* 37:351–356.

Г. БРАУН, М.ДЖ. СВИФТ, Д.Э. БЕННАК, С. БАННИНГ, А. МОНТАНЬЕЗ
И Л. БРУССААРД

Параметры биоразнообразия почвы

Почва – это не просто агломерат мелкого органического вещества и частиц минералов с ионами, которые могут быть использованы растениями. Это живое целое и дом для бесчисленного числа организмов, чье разнообразие может превосходить даже многообразие наземных организмов, живущих вне почвы.

Почвенные системы содержат одну из наиболее разнообразных, но несонзируемых совокупностей организмов на Земле (Brussaard и др., 1997; Giller и др., 1997; Wall и Moore, 1999). Эти организмы имеют разные размеры тела, стратегии кормления и жизненные привычки, варьирующие от акватических до исключительно наземных привычек (Bater, 1996). Их размер колеблется от крошечных одноклеточных бактерий, водорослей, грибков и простейших до более сложных нематод и микро-членистоногих, а также, видимых невооруженным глазом земляных червей, насекомых, мелких позвоночных и растений. Такие сообщества организмов представляют собой пищевую сеть в почве: взаимодействия и преобразование энергии и питательных веществ между первичными производителями (растения, лишайники, мхи, фотосинтетические бактерии и водоросли), полученных от растений, других организмов и в виде побочных продуктов отходов, а некоторые бактерии получают энергию из минеральных соединений.

Разнообразие жизни в почве (биологическое разнообразие почвы) существует и взаимодействует на генетическом уровне, между видами, и на экологическом уровне. Удобно думать об этом как о сумме всех организмов, которые проводят часть своего жизненного цикла в почве или непосредственно на ее поверхности, в том числе поверхностный мусор и гниющее органическое вещество (ОВ). Многие наземные виды насекомых мира живут в почве на некоторых этапах жизни (Bater, 1996). Флора и фауна почвы состоит из знакомых всем термитов, земляных червей и муравьев и менее известных беспозвоночных и микроорганизмов.

Нигде в природе не встречается настолько плотно населенные сообщества как в почве (Hågvar, 1998). Например, один грамм почвы может содержать несколько тысяч видов бактерий и миллионы особей (Torsvik и др., 1994). Типичная здоровая почва может содержать несколько видов позвоночных животных и земляных червей, 20–30 видов клещей, 50–100 видов насекомых, десятки видов угриц, тысячи видов бактерий и актиномицетов (Ingham, 1999). Биоразнообразие почвы богаче в лесах и нетронутых или почти нетронутых природных территориях (например, лугопастбищные угодья), чем на пастбищах и сельскохозяйственных угодьях. Тем не менее, разнообразие, количество и типы организмов различны в разных системах землепользования и экологической обстановке в зависимости от многих факторов, в том числе аэрации, температуры, кислотности, влажности, содержания питательных веществ и качества и количества ОБ – на все это может сильно повлиять деятельность человека.

Почва также физически сложная среда. Испещренная колоссальной сетью микропор, макропор и туннелей, почвенная основа с пористыми пространствами обеспечивает среду обитания для ряда организмов и их биологически опосредованных жизненных циклов. Значительная пространственная и временная изменчивость имеющихся ОБ, воды и других питательных веществ, способствует развитию комплексной нишевой структуры в почве. Структура почвы и ее питательные ресурсы обеспечивают условия эволюции и поддержания сложных, взаимосвязанных и иногда даже функционально избыточных взаимодействий между почвенными микроорганизмами. В связи с экологической комплексностью, мириады растений, животных и микробных сообществ способны сосуществовать и обеспечивать выполнение ряда функций и услуг. Тем не менее, эта жизнеспособная и динамичная подземная почвенная экосистема часто упускается из виду, она малопонятная и, следовательно, неправильно регулируется.

Такое колоссальное разнообразие в добавление к техническим трудностям по изучению почвенной экосистемы и отсутствия таксономистов для ее характеристики, привело к тому, что знания о биоразнообразии почвы ужасающе незначительны. Несколько в данное время имеющихся таксономических инвентаризационных записей не дают точного представления о количестве видов организмов, живущих в почвенных системах. Так как сообщества почвенных организмов настолько разнообразны, но настолько мало изучены и охарактеризованы, что они называются «еще одна последняя биотическая граница» (André и др., 1994), или «тропический дождевой лес бедняка» (Usher и др., 1979).

Существующие расчеты количества описанных видов отдельных

Таблица 9.1. Общее количество охарактеризованных видов крупных представителей почвенной биоты

Размер Класс Организм	Количество видов охарактеризованные
Микроорганизмы	
Бактерии и археи	3 200
Грибки	60 000
Микрофауна	
Простейшие (Протисты)	36 000
Нематоды	15 000
Коловратки	2 000
Тихоходки	750
Мезофауна	
Клещи (Зудни)	са. 45 000
Вилохвостки (Коллемболы)	7 500
Псевдо-скорпионы	3 235
Двухвостки	659
Симфили	200
Пауโรปоды	700
Энхитреиды	800
Макрофауна	
Прикорневые травоядные насекомые	>40 000
Жуки (Жесткокрылые)	350 000
Многоножки (Диплоподы)	10 000
Стоножка (Губоногие)	2 500
Скорпионы	1 259
Пауки	38 884
Улитки (Брюхоногие)	30 000
Мокрицы (Равноногие)	4 250
Термиты (Белые муравьи)	2 800
Муравьи (Formicidae)	11 826
Сенокосцы (Opiliones)	5 500
Земляные черви (Oligochaeta)	3 800
Вельветовые черви (Onychophora)	90

Источники: Hawksworth и Mound (1991); Brussaard и др. (1997); Wall и Moore (1999); Moreira и др. (2006); Lewinsohn и Prado (2005 2006).

совокупностей почвенных организмов даны в таблице 9.1. Однако следует отметить, что расчеты предварительные и намного ниже, чем общее количество по каждой группе.

Например, охарактеризованное число обитающих в почве видов грибковых колеблется от 18000 до 35000, но предполагаемое количество может превышать 100 000 (Hawksworth, 1991). Предполагается, что число разновидностей нематод и клещей еще более многочисленное, причем, только 3% и 5% соответственно

от их общего количества описано в настоящее время (Hawksworth и Mound, 1991). Расчетные данные по бактериям и археям особенно проблематичны (Hawksworth и Kalin-Arroyo, 1995), потому что мнения ученых разделяются, когда речь идет о критериях, чтобы отнести определенной вид к какой-либо группе. Кроме того, трудности в изолировании и выращивании чистых штаммов осложняют их идентификацию. Но все же, разработка молекулярных методов извлечения и описания генетического состава микрофлоры почвы дала начало новой эре исследований бактерий и других микробов в почве, которая предположительно в корне переменит экологию микроорганизмов (см. Amman и Ludwig, 2000; Torsvik и Ovreas, 2002).

Функции экосистемы, эффект масштаба и регулирующие иерархии

Тем не менее, почвенные микроорганизмы следует исследовать не только ввиду их колоссального разнообразия и комплексных взаимосвязей, но и потому что они выполняют ключевые функции как в естественных экосистемах, так и агроэкосистемах (таблица 9.2). Почва – это место где многие основные глобальные процессы происходят при помощи жизни почвы, а именно, кругооборот питательных веществ, связывание углерода и фиксация азота.

В особенности, совокупность почвенных организмов ответственны за изменения в экологии почв, влияя на физические, химические и биологические свойства и процессы. Например, наиболее биотурбирующие (перемещающие или поглощающие почву) животные, корни растений и некоторые микробы влияют на создание структуры почвы, таким образом, влияя на гидрологические процессы в почве и водные режимы (например, инфильтрация, дренаж, водоудерживающая способность). Многие микроорганизмы тесно связаны симбиотическими или паразитическими отношениями с растениями и в целях защиты растений против насекомых-вредителей, микробных паразитов и болезней. Некоторые микроорганизмы, живущие в основном в ризосфере, представляют собой асимбиотические стимуляторы роста растений, и другие микробы, активно помогающие распаду таких загрязняющих веществ как пестициды и нефтепродукты, способствуют разложению ОВ, кругообороту питательных веществ и связыванию парниковых газов, особенно метана, закись азота и двуокись углерода. В заключении, многие почвенные организмы являются непосредственными или косвенными источниками пищи и лекарственных средств.

Таким образом, способы воздействия определенных организмов на почву и их вклад в выполнение функций экосистемы очень разнообразны.

Таблица 9.2. Экосистемные функции, выполняемые разными представителями почвенной биоты.

Функции	Выполняющие организмы
Поддержание структуры почвы	Биотурбирующие (перемещающие или поглощающие почву) беспозвоночные и корни растений, грибокорни и некоторые другие микроорганизмы
Регулирование гидрологических процессов в почве	Многие биотурбирующие беспозвоночные и корни растений
Газообмен и связывание углерода	В основном микроорганизмы и корни растений, некоторая часть углерода защищена крупными компактными скоплениями биогенных беспозвоночных
Санация почв	В основном микроорганизмы
Кругооборот питательных веществ	В основном микроорганизмы и корни растений, некоторые беспозвоночные, питающиеся почвой или мусором
Разложение органического вещества	Различные сапрофиты и беспозвоночные, питающиеся мусором (детритофаги), грибки, бактерии, актиномицеты и другие микроорганизмы
Борьба с вредителями, паразитами и болезнями	Растения, грибокорни и другие грибовые, нематоды, бактерии и разные другие микроорганизмы, коллемболы, земляные черви, различные хищники
Источники пищи и лекарственных средств	Корни растений, разные насекомые (сверчки, личинки жуков, муравьи, термиты), земляные черви, позвоночные, микроорганизмы и их побочные продукты
Симбиотические и асимбиотические отношения с растениями и их корнями	Клубеньковая бактерия, грибокорень, актиномицеты, азотфиксирующие бактерии и другие микроорганизмы ризосферы, муравьи
Регулирование роста растения (положительное и отрицательное)	Прямое воздействие: корни растений, клубеньковая бактерия, актиномицеты, патогенные организмы, фитопаразитные нематоды, корнегрызущие насекомые, микроорганизмы ризосферы, способствующие росту растений, агенты биорегулирования. Косвенное воздействие: большая часть почвенной биоты

Их значимость может зависеть от различий в размере тела, плотности и динамики популяции, стратегии жизненного цикла, требований к условиям жизни и питания, взаимодействия с другими организмами (синергетические и антагонистические). Пространственные и временные масштабы особенно важны для определения общего функционального влияния данного вида на почвенные условия (Anderson, 2000).

Многие организмы и их разновидности вносят свой вклад в осуществление определенных почвенных процессов, функционируя в разных временных и пространственных рамках. Кроме того, многие организмы или виды способствуют разным дискретным процессам.

Например, нематоды, питающиеся бактериями и грибами на микрометрической шкале, могут влиять на минерализацию азота (Ingham и др., 1985), а клещи и коллемболы, питающиеся нематодами и грибами на шкале нескольких миллиметров, могут влиять на процессы скопления микробов в масштабе нескольких сантиметров (Anderson, 1995). С другой стороны, земляные черви проделывают туннели и ходы диаметром несколько миллиметров и несколько сантиметров в длину, которые в свою очередь оказывают влияние на структуру почвы и гидрологические процессы в масштабе нескольких метров. В заключение, широкомасштабные виды деятельности колоний термитов и муравьев могут влиять на физические и химические процессы в почве на площади нескольких гектаров (Swift и др., 1996).

Вставка 9.1 Что такое инженер экосистемы?

Инженерами экосистемы (*sensu* Jones и др., 1994) представлены биологическими видами, которые напрямую или косвенно регулируют наличие ресурсов для других биологических видов (и иногда для самих себя), вызывая физические изменения в биотических и абиотических материалах (например, в почве). Своей деятельностью они модифицируют, поддерживают и создают среды обитания.

Аллогенные инженеры изменяют окружающую среду, трансформируя материалы (живые или мертвые) из одного физического состояния в другое механически или другим способом. Примерами аллогенного изменения экосистемы почвы служат туннели, выбросы и привычки питания земляных червей, которые меняют физическую структуру почвы и модифицируют наличие мертвого органического вещества и ресурсов для других почвенных организмов, в том числе для корней растений (Lavelle и др., 1997).

Аутогенные инженеры модифицируют окружающую среду собственной живой или мертвой биомассой. Примерами аутогенной механики грунтов могут служить деревья, которые регулируют гидрологию, кругооборот питательных веществ, стабильность почвы, температуру, влажность, скорость ветра и уровень света, а также наличие пищи и других ресурсов для организмов.

Такие структуры часто сохраняются очень долго (несколько десятилетий), превосходя продолжительность жизни отдельно взятых организмов, которые их создали. Таким образом, деятельность муравьев, термитов и земляных червей (вставка 9.1), касающаяся механики грунтов, может изменить почву как среду обитания для других организмов, в том числе растений, беспозвоночных

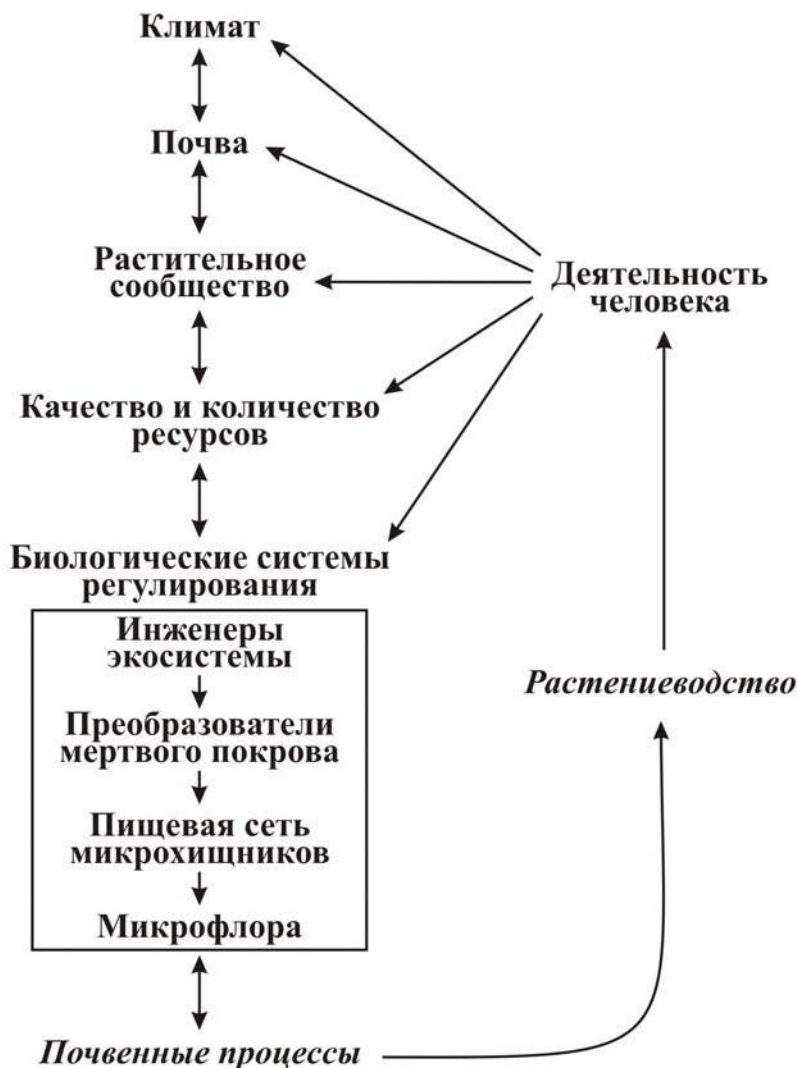


РИСУНОК 9.1. Иерархическая организация функций почвы (по Lavelle, 1996).

и микроорганизмов.

Следовательно, деятельность мелких почвенных организмов проявляется на фоне результатов деятельности более крупных почвенных организмов, таким образом, установилась иерархическая система нисходящего контроля (Lavelle и др., 1997)

В такой системе, влияние биологической деятельности в более крупном масштабе пространственно-временной величины ограничивает биологическое функционирование на мелких масштабах (небольшая вставка рисунка 9.1). Более того, деятельность всех почвенных организмов проявляется в свете качества и количества ресурсов, характеристик почвы и климатических условий, которые также организованы иерархически.

Восходящий контроль (обратная связь) в совокупности почвенных организмов имеет место, когда определенный организм (или группа организмов) способен повлиять на другие организмы более высоких уровней иерархии (см. рис. 9.1). Например, предполагалось, что дождевые черви могут влиять на появление новых растений и состава растительного сообщества, поглощая и выделяя (в виде выбросов) важные пропорции семенного фонда почвы; избирательный выбор и поглощение семян определенных видов растений ведет к избирательному прорастанию; переваривание или повреждение семян отобранных растений различными способами и в разной степени в их кишечнике в зависимости от защитного покрытия семени и пищеварительной системы дождевого червя; распределение семян определенных растений по почвенному профилю или на поверхности почвы; стимулирование роста определенных видов растений в зависимости от физико-химических и биологических изменений, вызванных условиями почвы, которые сформировались под воздействием дождевых червей (Willems и Huijsmans, 1994; Pearce и др., 1994; Decaens и др., 2001; Brown и др., 2004 г).

Функциональная классификация почвенной биоты

Основываясь на разнообразии почвенной флоры и фауны в сочетании с ее широким набором ролей в почвенных процессах, биологи-почвенники решили предложить функциональные группы классификации почвенных организмов. В такой классификации, организмы делятся на группы (не обязательно таксономически связанные), которые выполняют излишние или схожие функции. Эти группы помогают проще показать функции, которые выполняются в почве, организмы, ответственные за их выполнение, а также функции и флору и фауну почвы, которые важны для определенной экосистемы.

Из имеющихся классификаций, возможно наиболее полезные основываются на категоризации почвенных организмов по размеру тела, привычкам питания (или трофическому уровню), типу производимых физических структур и по сочетанию трех вышеупомянутых параметров.

РАЗМЕР ТЕЛА

Размер тела не всегда связан с функцией, но может быть использован в качестве суррогатной системы для экологической функции почвенной биоты. Например, способность к транспортировке, поглощению или значительному преобразованию физической структуры почвы в целом находится в положительной зависимости от размера тела организма (дождевые черви, термиты и муравьи) более способны к изменению почвы, чем более мелкие (с заметными исключениями микоризными грибами). С другой стороны, разложение и почвенные химические реакции в основном осуществляются мелкими представителями биоты (клещи, вилохвостки и, в частности, микроорганизмы), хотя некоторые представители биоты более крупного размера (измельчители мертвого покрова) могут быть особенно важны в подготовке материалов для биоты мелких размеров и укреплении их роли. Такая классификация по диаметру тела позволяет сделать определенные корреляции между таксономией и функцией.

Макробиота и *мегабиота* (организмы размером обычно больше 2,0 мм в диаметре и видные невооруженным глазом) включают две большие группы: распространенные позвоночные (например, змеи, ящерицы, мыши, кролики, лисы, барсуки, кроты), которые в основном роют почву в поисках пищи или убежища (мегафауна) и беспозвоночные (например, муравьи, термиты, многоножки, стоножки, дождевые черви, мокрицы и другие ракообразные, гусеницы, цикады, муравьиные львы, личинки жуков и взрослые особи, личинки мух, ухове́ртки, меч-рыбы, чешуйницы, улитки, пауки, сенокосцы, скорпионы, сверчки и тараканы), которые живут и питаются внутри или на поверхности почвы или на мертвом почвенном покрове и его составляющих (макрофауна). Крупные насекомые, например, пчелы и осы, иногда зарываются в почву, но они обычно не считаются почвенными организмами, хотя их влияние может быть значительным. В заключении, корни растений оказывают разнообразные долгосрочные виды воздействий на популяции растений и животных над и под землей, поэтому их следует включить в почвенную биоту.

Мезобиота (организмы размером, как правило, от 0,1 до 2,0 мм в диаметре) включают в основном микроскопических членистоногих, таких

как, псевдоскорпионы, бессяжечники, двухвостки, вилохвостки, клещи, мелкие мириаподы (пауโรปоды и симфилы) и червеобразные энхитреиды. Данная группа организмов имеет ограниченную способность к образованию туннелей, обычно живет в порах почвы, и питается ОВ, микробиотой и другими беспозвоночными.

Микробиота – это самые мелкие организмы (менее 0,1 мм в диаметре), включающие очень многочисленную, вездесущую, разнообразную *микрофлору* (водоросли, бактерии, цианобактерии, грибки, дрожжевидные грибки, миксомицеты и актиномицеты), которые способны вызвать разложение практически всех существующих естественных материалов, в том числе биологических видов, которые оказывают пагубное влияние на растения или стимулируют их рост; и *микрофауну* (нематоды, простейшие, турбеллярии, тихоходки и коловратки), которые обычно живут в водной пленке почвы и питаются микрофлорой, корнями растений и другой микрофауной и иногда более крупными организмами.

ПРИВЫЧКИ ПИТАНИЯ

Пищевое поведение иногда может служить суррогатной системой экологической функции почвенной биоты, потому что использование определенных пищевых источников почвенными организмами может привести к каскадному эффекту вниз по трофической пищевой цепочке, в конечном счете, оказывая влияние на функцию почвы. Такие взаимодействия между организмами и трофические уровни обычно демонстрируются в виде комплексных пищевых сетей в почве, где некоторые организмы кормятся за счет живых растений и животных, тогда как другие питаются растительными остатками, грибами или бактериями, а третьи питаются за счет своих хозяев паразитическим или симбиотическим способом, ослабляя, но не убивая своего хозяина или помогая ему расти.

ПРОИЗВОДИМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И СФЕРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ

Дополнительная схема классификации (Lavelle, 2000) групп почвенных организмов в соответствии с производимыми им биогенными структурами (т.е. поры, скопления, волокна), которые служат горячими точками (участки высокой степени активности) для различных почвенных функций и процессов почвы (см. таблицу 9.2). Сферы функциональности представляют собой сферы влияния или физическое расположение, где основной процесс, представляющий

собой часть функции почвы, происходит в определенных временных и пространственных масштабах (Lavelle, 2002). Такие расположения и структуры обычно могут быть физически отделены от почвенной основы. Некоторые примеры биологических областей (сфер) включают дрилосферу (дождевые черви), термитосферу (термиты), мирмекосферу (муравьи), ризосферу (корни) и детритусферу (растительный опад).

Каждая структура в почве является частью функциональной сферы, хотя некоторые структуры могут быть частью более чем одной сферы, а границы между сферами не всегда четкие, также могут быть взаимодействия между сферами (Brown и др., 2000). Функциональные сферы могут оказывать существенное положительное или отрицательное влияние на растениеводство.

Экономические выгоды биоразнообразия почвы

Как правило, почва рассматривается в качестве субстрата для растений, в чем возможно заключается самая важная роль почвы для человечества. Тем не менее, почва – это также арена бесчисленных взаимодействий, которые контролируют массу служб прямого и косвенного предназначения для человечества и природной среды, т.е. переработка органических отходов, формирование почвы, фиксация азота, биоочистка химического загрязнения и биологические меры борьбы с вредителями, и источник пищи и биотехнологической продукции.

Делались предположения о том, что стоимость услуг экосистем, оказываемых ежегодно почвенной биотой по всему миру, может превышать 1,5 триллионов долларов США (Pimentel и др., 1997; см. главу 18), а переработка органических отходов в отдельности по расчетам может составлять 50% от всех выгод от биотической активности почвы во всем мире.

Если бы не разложение и переработка, осуществляемая почвенными организмами, то большая часть поверхности земли была бы покрыта остатками органических веществ.

На внешние выгоды биоразнообразия почвы и другие экологические товары цена на рынке обычно не назначается. Следовательно, главным и существенным шагом в направлении эффективной природоохранной деятельности будет соответствующая оценка стоимости и оплаты услуг экосистем, полученных в результате биоразнообразия почвы, в то же время, признавая, что многие почвенные организмы могут нанести вред растениеводству и человеческому обществу.

Тенденции землепользования и угроза глобальному биоразнообразию почвы

Биоразнообразие почвы грозит опасность в глобальном масштабе в результате человеческой деятельности, которая ведет к безвозвратной потере, как видов, так и сред обитания. Причина существующего кризиса биологического разнообразия (Wilson, 1985), в отличие от ситуации в прошлом, коренится в характере человеческой социальной организации, глобальной торговле и потреблении природных ресурсов, росте народонаселения, повсеместном утверждении экономических и политических стратегий, в которых не отдается должное внимание окружающей среде и ресурсам, а также неравенству в праве собственности, управлении и потоку выгод, полученных от использования и охраны биологических ресурсов (McNeely и др., 1995).

Интенсификация сельского хозяйства и биоразнообразии

Дисбаланс между краткосрочной (социально-экономической) и долгосрочной (экологической) перспективами человечества при выборе метода регулирования ландшафта (например, в целях сельскохозяйственного производства) может иметь катастрофические последствия, учитывая колоссальный масштаб сельскохозяйственных мероприятий, осуществляемых во всем мире: 11% всей поверхности суши используется для сельскохозяйственного производства в развивающихся странах, 25% для выпаса домашнего скота, а 30% для лесоводства (ФАО, 2002). В целом, интенсификация сельского хозяйства ассоциируется с увеличением специализации в соответствии с реализуемой продукцией (например, соевые бобы в развивающихся странах) с внедрением усовершенствованной технологии и увеличением факторов производства. Увеличение объема используемых пестицидов и гербицидов наряду с интенсификацией сельского хозяйства все больше связывается с сельским хозяйством, для которого характерен высокий уровень внешнего воздействия для поддержания высоких урожаев и ускоренная рентабельность. Оно также вызвано халатностью или неосведомленностью (на политическом, техническом или сельскохозяйственном уровне) о рисках, которые они представляют для окружающей среды и функционированию экосистемы. Таким образом, происходит гомогенизация систем земледелия, что ведет к потере сельскохозяйственного и связанного с ним биоразнообразия на генетическом, видовом и ландшафтном уровне.

Оценка потерь в развивающихся странах ограничивается только данными по количественным и качественным изменениям по использованию пестицидов,

плотности поголовья скота, и популяций диких животных, землепользования и агротехнических приемов. Знания о биоразнообразии почвы крайне ограничены из-за их сложности и того факта, что такое разнообразие невидимо. Предполагается, что такие риски будут сохраняться, потому что во многих случаях социально-экономические условия и рыночные силы не будут приветствовать освоение мелкими и крупными фермерами разнообразных систем и агроэкологических подходов, которые сохраняют биологическое разнообразие, защищают земельные и водные ресурсы, обеспечивают достаточное и сбалансированное использование органических и минеральных удобрений в целях восполнения питательных элементов, удаленных из почвы сельскохозяйственными культурами и выпасом животных.

Катастрофические события как в прошлом, так и в настоящем, неоднозначно предостерегают против злоупотребления и неправильного употребления нашей земли. Все древние цивилизации исчезли из-за деградации почв ввиду интенсивного и нерационального ведения сельского хозяйства (Lowdermilk, 1978; Hillel, 1991). Существует острая необходимость улучшения практики землепользования и агротехнических приемов, чтобы остановить деградацию почвы, восстановить уже нарушенные земли и повысить плодородность почвы и объемы сельскохозяйственного производства.

Сельскохозяйственная практика и почвенная биота

Усилия, направленные на приостановление потери разнообразия, были развернуты за последние годы, но, все же они осуществляются в довольно скромном масштабе и не успевают за интенсивностью антропогенных изменений. Более того, их применение, в основном было предназначено для сохранения небольшого числа биологических видов, особенно крупных растений и животных для туризма и эстетических причин, а также, сельскохозяйственных культур для продовольствия, волокна и другой продукции. Мелкие организмы в целом были оставлены без внимания, в частности это касается почвенной биоты, которая доминирует в структуре пищевых сетей и основных функций естественных экосистем. Некоторые стратегии и способы сохранения и управления почвенным биоразнообразием в агро-экосистемах обсуждались на недавно проведенном семинаре в рамках деятельности, осуществляемой со стороны Организации ООН по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО) и партнерских организаций в Международной инициативе по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия почвы под эгидой Конвенции о биологическом разнообразии (вставка 9.2).

Вставка 9.2 Международная инициатива по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия почвы в рамках Конвенции о биологическом разнообразии

В Решении VI/5 (КБР, 2002:78), на Конференции участников Конвенции о биологическом разнообразии (КБР) принято решение о «создании Международной инициативы по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия почвы как многосторонней инициативы в рамках Программы работы по Сельскохозяйственному биологическому разнообразию», были приглашены «ФАО и другие отраслевые организации для содействия осуществлению и ее координации» (см. подробную информацию и мероприятия ФАО и партнеров по адресу www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/).

В качестве предварительной совместной деятельности, был совместно организован международный технический семинар по биологическому регулированию почвенных экосистем в целях устойчивого сельского хозяйства со стороны ФАО и Эмбрапа-Сойбин в Лондрине, Бразилия, в июне 2002 для обсуждения концепций и практики интегрированного управления почвами, обмена положительным опытом в сфере биологического регулирования почвы и определения приоритетов для действий в рамках Инициативы по биологическому разнообразию почвы. Полный отчет о семинаре опубликован ФАО (2003) (www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/docs.stm), а дополнительную документацию с семинара можно найти у Brown и др. (2002a).

На 8-й Конференции участников КБР в Куритиба в марте 2006, была утверждена предлагаемая основа для действий и реализации инициативы, как это было представлено ФАО (2003), участниками конвенции, а также были приглашены другие государства, международные организации, неправительственные организации и заинтересованные стороны для содействия и реализации инициативы, предоставления дополнительных ситуационных исследований о биоразнообразии почвы для укрепления инициативы.

Для основы было определено три стратегических сферы действия:

- Добиться более широкого признания важных функций биологического разнообразия почв для всех производственных систем и его связь с организацией землепользования
- Укрепить потенциал для содействия внедрению интегрированных подходов и координированных действий для рационального использования биоразнообразия почвы и усовершенствования функций агроэкосистем, включая оценку и мониторинг, гибкое управление и целенаправленные исследования и разработки
- Установить партнерство и совместные процессы посредством активизации и координации действий среди партнеров для активного стимулирования охране, восстановлению и рациональному использованию биоразнообразия почвы и повысить вклад полезных почвенных организмов в экологически обусловленную производительность агроэкосистем

Успех данной инициативы будет определяться мобилизацией политического содействия и инвестиций в биологическое управление почвами и применением экосистемных подходов, которые требуют проведения экономической оценки потери биологического разнообразия почвы, благотворных функций и экосистемных услуг, оказываемых определенными системами фермерского хозяйства.

Тем не менее, есть и положительные тенденции: расширенное внедрение принципов и практики рационального сельского хозяйства (нулевая или минимальная обработка), особенно на американском континенте, но и все больше в других регионах, а также, все больше содействия органическому сельскому хозяйству оказывается со стороны потребителей.

В обеих системах признается важность охраны почвы, здорового состояния почвы и биологической активности, севооборот, побочные действия и стоимость агрохимикатов.

Охрана и регулирование биоразнообразия почвы

Принципы биологического регулирования плодородности почвы

Зеленая революция получила свое название благодаря резкому повышению объемов продукции растениеводства в результате использования ее методов, основанных на преодолении ограничений почвы путем внешнего воздействия, такого как, применение неорганических удобрений и других улучшающих добавок для удовлетворения потребностей растений (Sanchez, 1994, 1997). Однако большинство фермеров во всем мире не имеют доступа или не могут себе позволить приобретение внешних факторов производства (агрохимикаты, улучшенные сорта культур, гибридные семена, непосредственный доступ к наличности и кредиту), необходимых для применения принципов и практики интенсивного сельского хозяйства с высокой степенью использования внешних факторов воздействия (HEIA) (Vandermeer и др., 1998).

Наиболее благоприятные возможности для применения методов биологического регулирования почвы, вероятно, появятся в системах с промежуточным уровнем нарушений и низким или средним уровнем применения внешних ресурсов и человеческого труда (рис. 9.2). Так, потенциал биологического регулирования почвы может быть больше в агроэкосистемах средней сложности (агролесоводство и системах севооборота), на малоплодородных землях для профилактики деградации, на деградированных землях, нуждающихся в биомелиорации, в регионах, где наличие, доступ к или применение внешних факторов ограничены, что ведет к преобладанию биологических процессов в сохранении плодородности почвы (Anderson, 1994; Mando и др., 1997; Sanchez, 1997; Senapati и др., 1999; Swift, 1999).

В основе принципа интегрированного биологического управления почвами лежит признание того, что

- Почвенные организмы и биологические процессы играют основную роль в создании и регулировании плодородия почвы.



РИСУНОК 9.2. Связи между интенсификацией сельского хозяйства и количеством разных вводимых факторов (органических, купленных и нефтехимических) с агроэкосистемами и затраченной человеческой энергией. Предлагаемый оптимальный вариант биологического управления почвами (вмешательство) выбирается путем уравнивания различных факторов и будет определяться человеческими, социально-экономическими и экологическими факторами, присущих в каждой местности (график составлен М.Д. Свифт).

- Разнообразие организмов создает и модифицирует разнообразие функций и процессов почвы.
- Разнообразие функций и процессов необходимо для сохранения плодородия и производительности почвы (т.е., устойчивости агроэкосистем).
- Почвенными организмами можно манипулировать в агроэкосистемах непосредственными или косвенными вмешательствами.

Прямые и косвенные вмешательства в целях биологического регулирования почвы

В отношении различных возможностей биологического регулирования почвы, Свифт (1999) предлагает ряд потенциальных входных пунктов, на которых можно будет осуществлять практику управления. В их число входят прямые и косвенные вмешательства (вставка 9.3), такие как

- Структура и управление сельскохозяйственной системы: выбор растений и их пространственно-временная организация и практика ведения

Вставка 9.3 Прямые в сравнении с косвенными вмешательствами

Прямые методы вмешательства с производственные системы с целью изменения численности или деятельности определенных групп организмов (Hendrix и др., 1990).

Примеры прямого вмешательства включают бактериализация семян или корней против клубеньковой бактерии, грибокорня, грибов и ризобактерий для улучшения роста саженцев и инокуляция почвы или окружающей среды агентами биорегулирования (для борьбы с вредителями и заболеваниями) или благотворной фауной (например, дождевыми червями).

Косвенные вмешательства – это способ управления биотическими процессами в почве, оперируя факторами регулирования биотической активности (структура среды обитания, микроклимата, питательных веществ и энергетических ресурсов), а не самими организмами (Hendrix и др., 1990).

Примерами косвенных вмешательств являются методы ведения сельского хозяйства (например, внесение органических материалов в почву, обработка почвы, удобрение, орошение, применение сидеральных удобрений и известкование), структура системы земледелия и управление. Последние разработки включают генетический контроль путем воздействия на растительные остатки и качество ризосферы (выделения корней) и устойчивость к болезням или вредителям.

животноводства (косвенное)

- Генетический контроль функций почвы путем манипулирования устойчивостью растений к болезням, остаткам и качеству ризосферы (выделения корней) (косвенное)
- Прививка антагонистов заболеваний, использование микросимбионтов, ризобактерий и дождевых червей в целях борьбы с заболеваниями и улучшения плодородности почвы (прямое)
- Обработка почвенной флоры и фауна путем изменения количества и качества ОВ (косвенное)
- Биологические меры борьбы с вредителями и болезнями (прямое)

Некоторые из этих вмешательств, особенно прямые, такие как отбор азотфиксирующих видов и сортов растений, инокуляция зернобобовых культур против клубеньковых бактерий, микоризная инокуляция для приживаемости дерева, и агенты биорегулирования для борьбы с болезнями и вредителями, представляют собой хорошо развитые методы работы, применяемые многими фермерами и организаторами землепользования в развитых и развивающихся странах. При всем этом, ими пользуются недостаточно во многих менее развитых странах, в частности в малоимущих семьях. Потенциал для использования прямых методов воздействия важен и должен укрепляться

соответствующими учреждениями и правительствами, ответственными за развитие сельского хозяйства.

Но наибольшие выгоды, особенно на долгосрочную перспективу, будут получены в результате косвенных вмешательств, таких как выбор культуры и их пространственно-временное распределение, улучшение естественной способности сопротивляться болезням, повышение качества производимых ими остатков, управление ОВ и другими внешними факторами воздействия, такими как внесение удобрений (tsbf, 1999). В более широком сельскохозяйственном контексте, управление смешанными системами растениеводства, животноводства и агролесоводства доказало свою эффективность в использовании ресурсов и управлении пространственными (т.е., ассоциации и рассмотрение вопросов ландшафта) и временными (т.е., многолетние растения и севооборот) аспектов (см. также главы 13 и 14). Более того, такие вмешательства способны оказать существенное влияние на биологическую активность и биоразнообразие почвы.

За последние 15 лет, ученые уделили особое внимание регулированию процесса разложения ОВ в целях достижения оптимальной синхронизации между процессами разложения, иммобилизации и минерализации и потребностью растущих растений в питательных веществах (Myers и др., 1994; Palm и др., 2000, 2001). Там, где почвообработка проводится минимально, а пожнивные остатки остаются на поверхности почвы (например, в системах нулевой или минимальной обработки почвы), было доказано, что пространственных и временных различий в подземных пищевых сетях и процессах больше в сравнении с традиционно обрабатываемыми землями (House и Parmelee, 1985; Brown и др., 2002b). При традиционной обработке почвы, пищевые сети на основе бактерий играют более важную роль, особенно в обрабатываемом слое, и, в результате промывка почвы от минерализации, связанная с мероприятиями по почвообработке может привести к увеличению потери ОВ и снизить способность к удержанию питательных веществ. В системах нулевой обработки, пищевые системы на основе грибов имеют большее значение, влияя на наличие питательных элементов и совокупную стабильность почвы, проявляя тенденцию к укреплению способности почвы к удержанию азота и сокращения промывок (Hendrix и др., 1986).

Применение интегрированного управления почвами в практику

ПРИЗНАНИЕ ВАЖНОСТИ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ

Интегрированное управление почвенной флорой и фауной, биоразнообразием



РИСУНОК 9.3. Семиэтапный процесс для определения оптимального биологического регулирования и охраны почвы (изменено из Swift, 1997).

и сельскохозяйственными экосистемами – это целостный процесс, который полагается в основном на доступные на месте ресурсы, климат, социально-экономические условия, и прежде всего, на непосредственное участие фермеров и других заинтересованных сторон в определении и адаптации методов управления к собственным условиям. Семиэтапный процесс, в котором участвуют все заинтересованные стороны, продвигаясь от выявления проблемы к апробированию и адаптации к внедряемой технологии, как показано на рисунке 9.3 (адаптирован из Chambers, 1991; Swift и др., 1994; Swift, 1997).

Признание важности роли флоры и фауны почвы в содействии сельскохозяйственному производству – это первый шаг в направлении правильного управления и охраны природы (Этап 1). Фермеры и агрономы во многих культурах, как традиционных, так и современных, все еще недостаточно признают роль и важность флоры и фауны почвы в сельскохозяйственном производстве (Kevan, 1985; Puentes и Swift, 2000). Во многих сообществах все еще боятся насекомых и пренебрегают дождевыми червями, что объясняет вездесущую агрессивную практику против флоры и фауны почвы до недавних пор (Lavelle, 2000). Например, при опросе 163 фермеров из штата Веракруз в Мексике, 55% игнорировали роль дождевых червей в плодородии почвы, а 11% из них считали их вредителями в основном, потому что их путали с кишечными паразитами (Ortiz и др., 1999).

Нехватка знаний может привести к неправильному обращению с почвенной экосистемой (например, заражение поверхностных и подземных вод, эрозии, потери биоразнообразия), а также неополномерному использованию выгод от биологического регулирования почвы.

При выявлении нехватки знаний и необходимости в альтернативном управлении, необходимо подготовить мероприятия по информированию и укреплению потенциала, предназначенных для фермеров, специалистов по распространению знаний, местных сообществ, поставщиков услуг, политиков и отрасли экономики, ответственные за стимулирование определенных видов землепользования и управленческой практики, которые не учитывают важности флоры и фауны почвы и их функций (Этап 2). В коммерческом сельском хозяйстве, знания о роли флоры и фауны почвы могут быть даже скуднее, чем в мелких натуральных хозяйствах, потому что ориентированные на продукцию интенсивные методы управления часто идут в обход биологических механизмов и взаимодействий посредством использования внешних факторов воздействия (а именно, пестициды или гербициды вместо применения биоконтроля вредителей и сорняков, а также химические удобрения, вместо восстановления почвы ОВ). Все больше теряются системы традиционных знаний о сохранении и восстановлении здоровой почвы и рационального ведения земледельческого, земледельческо-животноводческого или агролесоводческого хозяйства. Для интенсивных систем, необходимо показать альтернативы, которые более эффективно используют экологические процессы и сокращают средне- и долгосрочные риски и возможные нарушения традиционной практики, например, монокультуры, глубокая и частая вспашка и высокий уровень внешнего химического воздействия.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ

Определение местных условий и доступных условий как биотических (т.е., люди, растения, органические вещества, флора и фауна почвы), так и абиотических (т.е., тягловая сила или механическая тяга, наличные или кредит, внешние факторы воздействия, содержание питательных веществ в почве) важны, чтобы определить какие меры биологического регулирования можно в действительности применить. Такой диагностический процесс (Этап 3, рис. 9.3) должен создать представление о потенциальных трудностях, возможностях и потребностях на различных уровнях.

В ответ на повышенное внимание к экологическим принципам и к регулированию со стороны человека, был предложен минимум наборов

Вставка 9.4 Индикаторы качества почвы: Что это такое и для чего ими пользоваться?

Качественные индикаторы – это биологические, физические и химические свойства и процессы, которые поддаются измерению для мониторинга изменений в функциях почвы (Muckel и Mausbach, 1996). Это количественные инструменты для оценки здоровья почвы и гарантируют ранее оповещение о системной аварии, что позволяет специалистам по землепользованию реагировать до появления необратимых изменений (Pankhurst и др., 1997). Индикаторы должны обладать возможностями быстрого реагирования, должны быть надежными, но чувствительными (могут быть обнаружены на фоне общего шума), содержательными и прогностическими (хорошая связь между индикатором и функцией), легко поддаваться измерению и интерпретации. Примеры индикаторов, имеющих отношение к биологической активности в почве, включают следующие (из Brown, 1991; Stork и Eggleton, 1992; Doran и др., 1994; Oades и Walters, 1994; Doran и Jones, 1996; Pankhurst и др., 1997; van Straalen, 1998; Paoletti, 1999):

- Биоразнообразие на молекулярном, генетическом, таксономическом и функциональном уровнях
- Организмы и их свойства (наличие-отсутствие, биомасса и плотность на видовом, родовом, общественном и функциональном уровнях), как некоторые бактерии и грибки, нематоды, простейшие, дождевые черви, термиты, муравьи, некоторые жуки, многоножки, пауки, коллемболы, клещи, корни, количество семян сорняков, патогенные микроорганизмы для растений и корнегрызущие организмы, углерод и азот микробной биомассы
- Почвенные процессы, на которые влияет биологическая деятельность, такая как прессование, агрегирование и стабильность агрегата, эрозия, просачивание воды, потенциально минерализуемые углерод и азот, фиксация азота, нитрификация и денитрификация, респирация почвы, скорость разложения, деятельность ферментов и эргостерола
- Способность почвы к поддержке и укреплению роста растения, конечный индикатор качества и здоровья почвы в агроэкосистемах (Pankhurst, 1994)

данных для оценки почвы и экологических ресурсов, их качества (Doran и Jones, 1996). Они в основном дают характеристику действующей системы и практики фермерского хозяйства различных групп фермеров, например, наличие человеческих ресурсов, органических ресурсов, биологических индикаторов качества и функций почвы (вставка 9.4). Особенное преимущество биоиндикаторов заключается в том, что при их помощи можно выявить изменения (к лучшему или к худшему) в агроэкосистеме быстрее, чем при помощи общепринятых химических и физических показателей качества почвы.

Относительно физических и химических показателей качества почвы, существует мало биологических индикаторов качества почвы в предложенных здесь массивах данных, часто это не независимые параметры (т.е., микробная

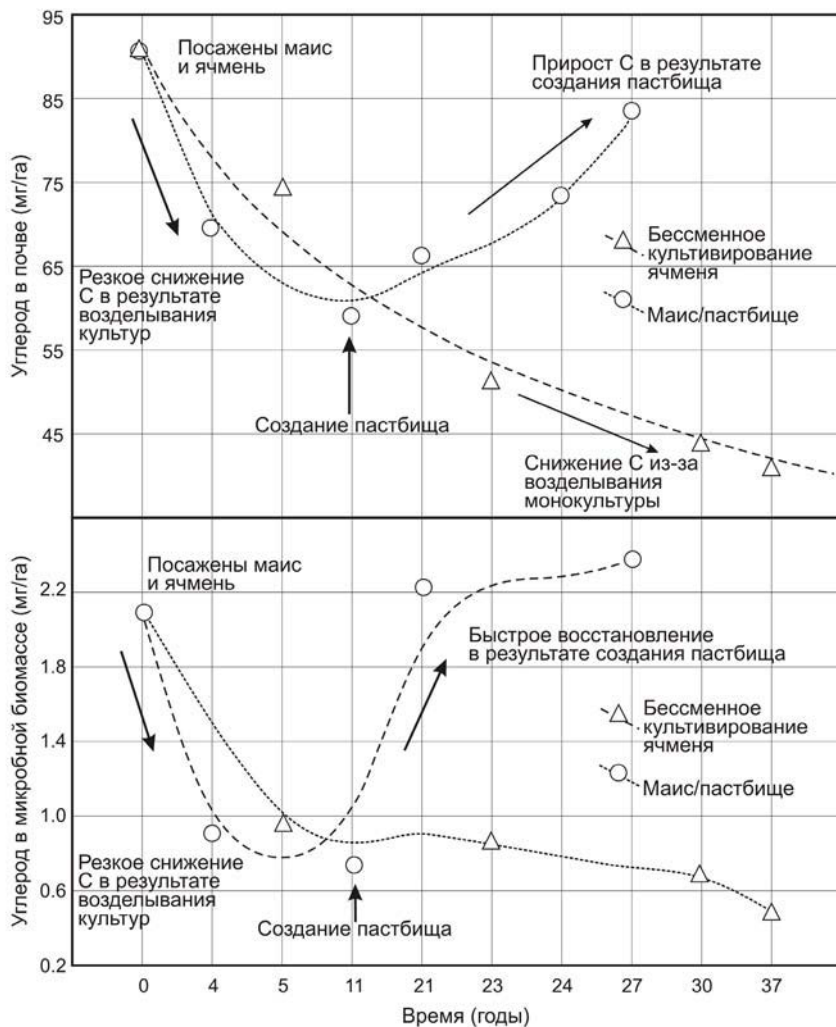


РИСУНОК 9.4. Закономерность увеличения или уменьшения во времени общего содержания углерода в почве и микробной биомассе пахотного слоя почвы (0–20 см), на которой выращивается маис и бессменный ячмень, а также на пастбище, созданном после 11 лет возделывания маиса. Обратите внимание на ускоренное восстановление углерода в биомассу (в сравнении с общим содержанием углерода в почве) после создания пастбища (T.G. Shepherd, личный комментарий, 2002).

биомасса, потенциальная минерализация азота, респирация почвы, отношение респирации к микробной биомассе, как предложили Doran и Parkin в 1994). Сокращение числа лишних индикаторов до одного основного или нескольких интегрированных индикаторов, например, потенциальная минерализация

азота (Keeney и Nelson, 1982) упрощает положение дел, но восполняет недостатки, заключающиеся в том, что эти индикаторы в основном связаны с преобразованием элементов, а не структурой почвы или гидрологическими и биологическими свойствами пахотного слоя почвы. Следовательно, трудность состоит в определении минимального набора биоиндикаторов качества почвы, которые можно увязать с питательными элементами, загрязняющими веществами, структурой почвы и гидрологическими свойствами пахотного слоя почвы (Brussaard и др., 2004) и, которые служат дополнительно для выполнения следующих задач

- Оповещение об изменениях в качестве почвы раньше или точнее, чем химические и физические индикаторы. На рисунке 9.4 показан пример, где углерод микробной биомассы указывает на изменения в содержании ОБ в почве на ранних стадиях и более точно, чем в общем содержании углерода в почве.

- Давать интегрированную оценку изменений физических, химических и биологических свойств. Примеры многочисленны в экологической токсикологии, где вода или почвенные организмы используются для интегрированной оценки множественных воздействий загрязнения на развитие, воспроизводство и продолжительность жизни организмов и связанных с ними биологических процессов. Таким же образом, дождевые черви могут указать на наличие ОБ и следовательно, питательные элементы и водоудерживающая способность, а также пористость, скопление и аэробную микробиологическую деятельность.

Совершенно необходимо, чтобы отдельные фермеры имели возможность на практике применить индикаторы качества почвы. Поэтому, визуальная оценка почвы – это правильная отправная точка, как было разработано Шепердом (2000) в Новой Зеландии.

Этот метод очень прост и требует от фермера только визуального контроля одной лопаты почвы на предмет структуры, пористости, цвета, пятнистости и количества дождевых червей. Результаты оценки записываются на бонитировочной карточке и включаются в общие значения на шкале от низкого до высокого качества. Визуальные измерения фермера можно дублировать и сопоставить при помощи специальных лабораторных измерений химического, физического и биологического качества почвы. Более 90% фермеров и ученых, которых попросили работать по такой системе, посчитали ее практичной и научно целесообразной.

Инструментарий для визуальной оценки почвы разрабатывается ФАО и включает руководство по управлению почвами для профилактики и

мелиорации деградации почвы и рационального управления фермами (Benites, личный комментарий, 2005). Программа ФАО по Комплексной системе борьбы с вредителями на основе сообществ в Азии также опубликовала практическую брошюру, где предлагается ряд учебных упражнений по интегрированному управлению почвами (Settle, 2000), а справочник по фауне почвы и оценке биологического качества будет в скором времени выпущен со стороны ФАО.

Тем не менее, следует адаптировать существующие инструменты оценки качества почвы (т.е., интервью с фермерами, опросы, комплекты для определения состояния здоровья почвы) к определенным условиям мелких фермеров в тропических влажных и полусухих регионах, чтобы фермеры и специалисты по распространению знаний и опыта, а не только почвоведы могли ими пользоваться. Простые методы и измерения, такие как те, которые описаны ранее, наиболее полезны и подходят к распространению.

ПРЕОДОЛЕНИЕ ТРУДНОСТЕЙ

Как только выявлены биотические и абиотические ограничения, они должны быть иерархически организованы, должны быть выбраны потенциальные альтернативы, адаптированные к местным людским, климатическим,

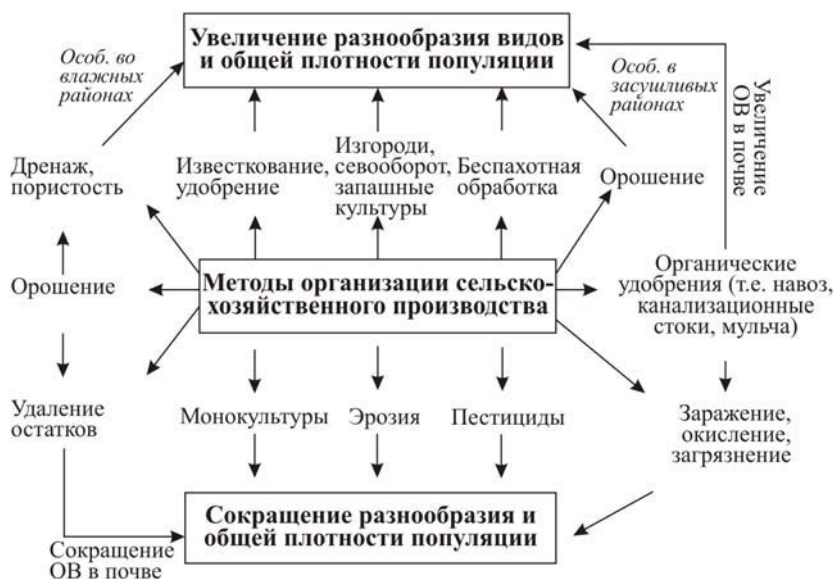


РИСУНОК 9.5. Влияние разных методов организации сельского хозяйства на флору и фауну почвы (изменено из Hendrix и др., 1990).

Таблица 9.3. Ограничения различных приемов сельскохозяйственного управления и их последствия на биоту почвы и функцию почвы

Прием управления	Ограничения использования	Воздействие на биоту и функцию
Обработка почвы	Труд, инструменты и машинное оборудование, болезни, передаваемые через почву, участки земли с уклоном	Более быстрое разложение органических веществ, более высокое соотношение бактерий к плесени, меньшие популяции макрофауны и мезофауны, краткосрочное увеличение доступности питательных веществ, но увеличение долгосрочных потерь, улучшенный рост корней в распаханном слое, повышенные риски эрозии
Отсутствие обработки почвы	Машинное оборудование, издержки, уплотнение грунтов и тяжёлый механический состав почв, борьба с вредителями	Более высокие популяции макрофауны, мезофауны и микрофауны; более высокое соотношение плесени к бактериям; аккумуляция органического вещества в поверхности почвы; сохранение питательных веществ; пониженный сток и эрозия; увеличение присутствия и охвата вредителями и заболеваний, связанных со слоем подстилки
Применение органических веществ	Доступность, труд, наличие домашнего скота, издержки	Изменения в показателях разложения и популяциях организмов (некоторые увеличиваются, другие уменьшаются, в зависимости от типа материала); повышенные доступность, хранение и обмен питательных веществ; улучшенная физическая структура почвы и водные режимы; сокращение кислотности и алюминийевой (Al) токсичности; возросшая активность микробов и фауны, в особенности, детритоядных
Удобрение почвы	Доступность, издержки	Обычно сокращение микоризации и концентрации N ₂ (с P и N соответственно), изменения в балансе минерализация-иммобилизация, увеличение растениеводства и использование органического вещества приводит к увеличению популяций некоторых организмов посредством улучшенного снабжения пищей
Пестициды	Издержки, воздействия на окружающую среду и здоровье	Сокращение заболеваемости, вредителей, паразитов и патогенных организмов, но отрицательное воздействие на нецелевую биоту, такую как полезные насекомые и земляные черви; улучшение растениеводства, но часто создание зависимости; дестабилизация питательных циклов; потеря структуры почвы; долгосрочное повышение устойчивости целевой биоты.

Таблица 9.3. Продолжение на следующей странице

Таблица 9.3. Продолжение

Прием управления	Ограничения использования	Воздействие на биоту и функцию
Ирригация или орошение	Изддержки, уклон, труд, инструменты, доступная вода	Повышенная доступность воды, нейтрализация pH, изменения в круговороте (часто высших анаэробных процессах) и доступности питательных веществ, более высокая асимбиотическая концентрация N ₂ , увеличение популяции биоты, подвергающейся засухе, более низкое число чувствительной биоты, пониженные показатели разложения органического вещества, подавление заболеваний, передающихся через почву, и сорных растений.
Севооборот	Приемлемость в социальном плане, скрытые издержки, совместимость агроэкосистемы, климат, состояние почвы	Эффект оборота, с улучшенной производительностью и управлением вредителями и заболеваниями; более эффективное использование питательных веществ почвы; более насыщенное разнообразие на земле и под землей; более высокие популяции, биомасса и активность большинства организмов (особенно с бобовыми) № улучшение агрегация и инфильтрация почв; сокращение объемная плотность; повышенное органическое вещество
Инокуляция отобранных биот почвы (напр. клубеньковая бактерия, микориза, земляные черви, ризобактерии, антагонисты, химические средства биоконтроля)	Изддержки, доступность, приспособляемость к окружающей среде, конкуренция с или замена естественной биоты, соответствующие условия почвы	Повышенная концентрация N, доступность питательных веществ в почве, водопоглощение и эффективность получения питательных веществ растениями; высокие урожаи, повышенная устойчивость к тяжелым металлам, улучшенная устойчивость к заболеваниям растений, вредителям и паразитам; повышенная пористость почвы, аэрация, стабильность агрегации, инфильтрации воды и вместимость; повышенные показатели разложения и круговорота питательных веществ

Источник: Подробно изложен из Swift (1997).

почвенным и агроэкосистемным условиям. На этом этапе, необходимо понимать пути преодоления ограничений сельскохозяйственного производства на разных уровнях (социальный, культурный, экономический, политический, агрономический, биологический, экологический, почвенный, генетический), а также того как сельскохозяйственная практика влияет на почвенную биоту и их деятельность для прогнозирования возможных управленческих альтернатив и других решений.

К сожалению, информации по влиянию различных агротехнических приемов на флору и фауну почвы не имеется по всем почвенным организмам, а также могут быть различия в воздействии разных приемов на один и тот же организм или одного приема на различные организмы. Некоторые организмы чувствительны к определенным агротехническим приемам и могут исчезнуть в данной местности, тогда как другие положительно реагируют и пользуются преимуществами изменившихся условий, что в результате дает рост их численности, биомассы и деятельности.

Для правильной оценки влияния на отдельные виды по определенной функции почвы и влиянию агротехнических приемов на их популяцию и деятельность, необходимо производить замеры образцов в пространственно-временных пределах, имеющих отношение к определенному биологическому виду; иначе говоря, измерения должны производиться в функциональной сфере данного вида, что часто считается сложным с методологической точки зрения.

Несмотря на сложность такого задания, есть несколько общих правил, относящихся к фермерам, которые могут ими воспользоваться на местном уровне для прогнозирования влияния агротехнических приемов и/или выбора возможных решений. Некоторые из них представлены на рисунке 9.5 и в таблице 9.3, наряду с описанием некоторых основных трудностей в отношении разных агротехнических приемов и их воздействия на функции почвы.

Возделывание сельскохозяйственных культур оказывает существенное влияние на экологию почвы, а, следовательно, количество и типы имеющихся организмов, особенно это касается процесса перемещения слоев почвы при распашке. В целом, когда лес или пастбища осваивают под сельскохозяйственные угодья, количество и качество растительных остатков и ряда видов высших растений значительно сокращается, что снижает диапазон сред обитания и источников пищи для почвенных организмов.

Соотношение разных организмов и их взаимодействий также значительно меняется. В целом, отвальная вспашка, монокультура, применение пестицидов, эрозия и заражение почвы или ее загрязнение отрицательно влияют на многие организмы, за их воздействием следует вести наблюдение, а методы ведения

хозяйства необходимо адаптировать, устранить или свести к минимуму по возможности. С другой стороны, такие методы, как внесение органических отходов, умеренное применение удобрений, севооборот, орошение в засушливых и дренаж во влажных районах, в целом, оказывают положительное влияние на плотность, разнообразие и деятельность почвенных организмов. Во многих случаях, эти методы можно усовершенствовать для повышения эффективности использования ресурсов.

Однако не только биофизические факторы, которые влияют на решения фермеров (Этап 4, рис. 9.3), но также и социально-экономические соображения. Некоторые из наиболее распространенных трудностей в использовании разных методов биологического регулирования почвы включают стоимость в денежном выражении (купленные факторы воздействия), трудозатраты и время, наличие ресурсов и инструментов для их осуществления (таблица 9.3).

АДАПТИВНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ: ВЫБОР ЛУЧШИХ РЕШЕНИЙ

После того как сделан выбор нескольких разных возможных решений по поводу методов работы фермеров, инноваций и новых технологий, они должны быть апробированы с использованием многократного и совместного скрининга процессов адаптивных экспериментальных работ (Этап 5 на рисунке 9.3). Институт биологии и плодородия тропических почв при Международном центре тропического земледелия разработал подход адаптивного управления биологическими процессами в почве, уделяя особое внимание многократному и совместному взаимодействию между фермерами, консультант по вопросам сельского хозяйства, фасилитаторами из местного сообщества и учеными (tsbf, 2000). В этом адаптивном процессе, различные виды и методы лечения апробируются одновременно и повторяются на протяжении нескольких циклов выращивания и сбора культур для определения наиболее адаптивных, экономических, практических и социально приемлемых методов работы.

Подход «Полевой школы фермера», применяемый ФАО совместно с партнерами в восточной Африке и Азии в целях продвижения эмпирического обучения среди групп фермеров управлению водными ресурсами и использованием почвы, в том числе, разработка учебных модулей для динамичного процесса, ведомого фермерами и массива практических упражнений. Более того, ФАО были разработаны практические учебные материалы по природоохранному сельскому хозяйству при помощи своей электронной медиа серии о земельных и водных ресурсах (Land and Water

Digital Media Series) (см. компакт-диски № 27 и 22 на www.fao.org/landandwater/lwdms.stm).

В процессе принятия решений, именно фермеры и другие заинтересованные стороны делают окончательный выбор необходимых или подходящих технологий для внедрения на разных уровнях (Этап 6, рис. 9.3). Окончательное решение, принимаемое группами заинтересованных сторон о том, какие методы работы будут внедряться, может значительно отличаться для мелких и крупных фермеров, а также малоимущих и состоятельных фермеров.

ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЧВ

Утверждение интегрированного биологического регулирования почвы (Этап 7, рис. 9.3) – это долгосрочный совместный процесс обучения, результатом которого является диагноз, анализ альтернатив, расстановка приоритетов, отбор, апробирование, адаптация, обсуждение, согласование и выбор наилучших альтернатив биологического управления почвами. Завершающий этап в цикле фермерской оценки в полевых условиях и принятие решения о внедрении этих методов работы в более широком масштабе и в долгосрочной перспективе или о том, чтобы вернуться к традиционным стратегиям управления. Это критический этап, в котором поставлена на карту вся сложная работа, проделанная на предыдущих этапах. Могут потребоваться определенные вспомогательные услуги, например, предоставление семян отобранных видов или сортов, поставка удобрений по приемлемым ценам и в необходимом количестве, обучение ремесленников изготовлению адаптированных инструментов, продолжение обучения фермеров, например, организации животноводства в целях получения ОБ и внесения удобрений.

Биологическое регулирование плодородия почвы: несколько примеров

Важность управления ОБ

Из разных имеющихся успешных методов работы, интересными с точки зрения сохранения флоры и фауны почвы и долгосрочного поддержания производительности в общем смысле ассоциировались со стимулированием или поддержанием активного резерва ОБ в почвах. Посредством регулирования всей системы возделывания сельскохозяйственных культур, правильной комбинации культур, подходящих пространственно-временных

Вставка 9.5 Адаптивное управление и методы сохранения, принятые ГВГ, штат Тлакскала, Мексика

ГВГ считает следующие достижения своим главным успехом:

- Значительное снижение применения агрохимикатов многими фермерами, которые изначально отказывались пользоваться органическими удобрениями и полное прекращение применения агрохимикатов на полях некоторых фермеров.
- Увеличение степени внедрения мер сохранения почвенных и водных ресурсов, деятельности местных фермеров по восстановлению плодородности почвы.
- Увеличение количества пожнивных остатков, вносимых в почву.
- Повышение сельскохозяйственного производства. Один из фермеров в группе выиграл конкурс штата на повышение урожая маиса в засушливых районах с 5,5-мг/га урожаем зерна (намного выше, чем средние урожаи штата).
- Официальное признание их деятельности администрацией штата Тлакскала.
- Повышение потенциала группы для организации и привлечения внешнего финансирования, благодаря коллективному опыту и заслуженной репутации.

Внедренные методы управления и сохранения включают следующие:

- Производство зерна с применением методов, которые повышают биоразнообразие почвы и биологические функции
- Севооборот, бобовые-запасные культуры, семена улучшенных местных сортов и диверсифицированные ассоциации культур для расширения способности агроэкосистем к восстановлению функций и повышению урожайности
- Пахотная обработка почвы с минимальным воздействием для снижения уровня повреждений почвенной структуры и флоры и фауны
- Производство органических удобрений с использованием жнивья, остатков урожая, навоза домашнего скота и сидеральных удобрений
- Меры по сохранению почвенного покрова в целях поддержания структуры почвы и содержания влаги
- Управление землепользованием, в котором приветствуется разнообразие растений и животных и их связь с биологической почвенной активностью
- Мозаика разных культур и видов землепользования
- Сбор и хранение дождевой воды для растений, животных и людей
- Использование домашних животных в частном подворье (местные разновидности кур, индюшек и кроликов), чей помет используется в огородах
- Восстановление сельскохозяйственного биоразнообразия путем посадки местных культур, лекарственных растений и деревьев.

Партисипаторные методы и различные инструменты, в том числе:

- Посещение полей фермеров

- Демонстрация культур и методов управления использованием почв в полевых условиях
- Опытные исследования в условиях фермы
- Быстрая совместная диагностика
- Рабочие семинары, беседы, курсы, дидактические игры и любительские театральные представления

Более подробно о ГВГ и этом ситуационном исследовании можно узнать в работе Рамос (1998) и на сайте www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiol/cases/caseD1.pdf.

схем, надлежащих методов управления использованием почвы, можно увеличить количество и качество ОБ, способствуя формированию каскадного эффекта на всю жизнь почвы и физико-химических функций. Это явление часто наблюдается, когда восстанавливаются деградированные экосистемы. Как только растения укореняются, корни начинают проникать в почву, формируется защитный слой растительного опада на поверхности почвы, проявляется синергетический эффект увеличения содержания углерода, происходят микроклиматические изменения в почвенной среде, биологическая деятельность ускоряет восстановление экосистемы. В засушливых районах увлажненность почвы имеет особое значение в процессе ее восстановления и накопления ОБ в почве. Водоудерживающая способность почвы может быть улучшена при помощи защитного покрытия культурами или мульчей, а также при помощи беспашотной обработки или минимальной пахотной обработки, которая содержит биомассу корней растений и ОБ почвы.

Косвенное биологическое регулирование почвы

Хорошим примером применения методов управления процессом биологического восстановления почвы и экосистемного подхода является случай с фермерами Группо Висенте Гуэрреро (ГВГ, Grupo Vicente Guerrero) в штате Тласкала в Мексике (Ramos, 1998). Почвы в штате Тласкала возделывались на протяжении тысячелетий с применением традиционных методов работы (Gliessman, 1990). Однако, интенсивное использование хрупких, подверженных эрозии почв штата оставило глубокие шрамы на ландшафте, что привело к эрозии, заилению всех почв штата и проблемам с водосборными бассейнами. В ответ на эти проблемы, более 20 лет назад крестьяне, ведущие самостоятельное хозяйство в небольших селах Виченте Гуэрреро, начали программу (вместе с Квakerским домом друзей (Quaker House of Friends)) накопления, обмена и

продвижения знаний, которые могут повысить уровень их жизни и жизни их соседей.

Движущей силой успеха ГВГ является глубокое уважение к окружающей среде, о чем свидетельствует развивающееся интегрированное использование местных природных ресурсов и твердое убеждение в том, что обмен новыми знаниями с другими фермерами – это неоспоримое нравственное обязательство. Это позволило группе терпеливо внедрять в практику и успешно совершенствовать модель передачи знаний от фермера к фермеру, для информирования фермеров по соседству о знаниях, полученных ими от координаторов развития села и технических специалистов. Члены ГВГ обучили более 2000 крестьян, ведущих самостоятельное хозяйство в Мексике и в других странах Латинской Америки за последние двадцать лет. Некоторые успешные агротехнические приемы, перенятые группой, показаны во вставке 9.5. Успех данного ситуационного исследования подчеркивает важность интегрированных, многосторонних (не только иерархически организованных) подходов к системам земледелия в целях гарантирования долгосрочных результатов.

В штате Парана в Бразилии, за последние 20 лет, имел место похожий процесс совместной разработки, адаптации, распространения технологий, что, в конечном счете, привело к повсеместному внедрению агротехнических приемов сохранения, в частности, беспашотного земледелия. В 1970-х и большей части 1980-х, после отказа от кофе и внедрения традиционных пропашных однолетних культур (особенно, соевых бобов и пшеницы), большая часть штата переживала проблемы, схожие с проблемами ГВГ в Мексике.

Обилие оврагов, заиленные реки, наводнения, проблемы качества воды и сильно повреждаемые урожаи заставили фермеров искать альтернативы традиционным методам обработки почвы (дискование почвы и отвальная вспашка). Движимое экспериментальными исследованиями, адаптацией и спросом фермеров, было сформировано партнерство с промышленным сектором и фермерскими кооперативами при помощи государственных субсидий для конструирования сеялки, работающей при нулевой обработке почвы с ручным управлением, при помощи тягловой силы животных и тракторов. Попутно разрабатывались методы управления на основе севооборота использования паханных культур для борьбы с сорняками и защиты почвы, снижение уровня движения для минимизации утрамбовки почвы. Вследствие этого, нулевая обработка применяется на почти 20 млн. га в Бразилии, 5,5 млн. из которых находятся в штате Парана (25% от площади штата). Такие методы особенно интересны с биологической точки зрения, потому что оберегают почву от излишнего нарушения почвенного покрова, способствуют накоплению почвенного ОБ (в основном на поверхности; Sá, 1993) и содействуют

Вставка 9.6 Инокуляция: Возможности и ограничения

Биологическая фиксация азота (БФА) важна для устойчивости сельского хозяйства, но часто затрудняется из-за отсутствия в почве эффективных и стойких азотфиксирующих микроорганизмов. Существует острая необходимость в усовершенствовании наличия, качества и поставки микроорганизмов, так как они важны для растениеводства. Исследования по БФА значительно расширились за последние десятилетия, что позволило обогатить знания о процессе. Однако спрос на применение БФА технологий и их воздействие на сельскохозяйственные системы оказался ниже желаемого. Инокулянты не играют важную роль в производстве некоторых продовольственных бобовых культур и многие инокулянты, которые производятся во всем мире еще довольно низкого качества (FOA, 1991). Добровольное освоение таких технологий гарантированно только тогда, когда фермеры увидят и убедятся в преимуществах БФА и смогут преодолеть трудности в партнерстве с исследователями, частным сектором и высшими должностными лицами.

Возможности расширения использования БФА существуют в разных агроэкосистемах и социально-экономических условиях посредством следующего:

- Изменение ряда эффективных симбиотических или относящихся к ним организмов в системе (инокуляция)
- Усовершенствование методов и технологии инокуляции
- Подбор и отбор наиболее подходящих культур и штаммов микроорганизмов
- Агротехнические приемы, повышающие фиксацию N_2 и повторное использование чистого N в системах растениеводства (т.е., севооборот, использование сидерального удобрения, нулевая обработка почвы, стратегическое использование бобовых; Montañez, 2002).

Более подробно об этом см. работу Гиллера (2001) и на вебсайте www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/cases/caseB1.pdf.

восстановлению активности почвы, повышая их роль в плодородности (House и Parmelee, 1985; Hendrix и др., 1990; Brown и др., 2002b).

Дополнительные методы непосредственного биологического управления

Хотя вероятность успеха вмешательств вышестоящих инстанций в агроэкосистему высока и влияние системы посредством каскадного эффекта на нижестоящие уровни и вниз по пищевой цепочке, специальные технологии, которые непосредственно регулируют флору и фауну почвы также полезны и могут дополнять косвенные вмешательства через регулирование ОБ и

агроэкосистемы. Тем не менее, они обычно имеют меньшую сферу применения и должны внедряться в особенных условиях в зависимости от характеристик агроэкосистемы. В следующих разделах приводятся несколько примеров методов биологического управления почв с использованием микроорганизмов и макрофауны, с перспективой и выгодами использования и некоторыми проблемами, которые необходимо преодолеть для масштабного внедрения.

ПОЛЕЗНЫЕ ПОЧВЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Полезные микроорганизмы включают те, которые создают симбиотические соединения с корнями растений, способствуют минерализации и наличию питательных элементов, выделяют гормоны роста растений, противодействуют вредителям, паразитам или болезням растений. Многие из этих организмов естественным образом встречаются в почве, хотя в некоторых ситуациях есть польза от увеличения их популяций при помощи инокуляций или с применением различных агротехнических приемов, которые повышают их численность и активность.

Роль азотфиксирующих бактерий семейства *Rhizobiaceae* в сельскохозяйственном производстве возможно наиболее успешная и известная форма непосредственного биологического управления (вставка 9.6). Клубеньковая бактерия заражает корни растения, создавая узлы, где фиксируется N_2 , обеспечивая растение максимальным объемом необходимого азота для его развития. Достаточная узловатость растений наряду с эффективным симбиозом позволяет фиксировать несколько сотен килограммов азота на гектар ежегодно. Часть азота добавляется в почву во время роста растения корнями, выделяющими экссудат, хотя большая часть азота экспортируется в зернах (зернобобовые культуры) или остается в тканях растения и выделяется во время их разложения в пользу последующего посева или промежуточной культуры. Предварительная колонизация корней бобовых микоризой может значительно повысить образование клубеньков клубеньковыми бактериями, в конечном счете, расширяя возможности роста растения. Увеличение урожая наряду с инокуляцией подробно документированы, а некоторые ограничения метода описаны Гиллером (2001) и Монтаньезом (2002). Тем не менее, несмотря на явные преимущества инокуляции клубеньковыми бактериями или их регулирования, данный метод повышения урожайности бобовых еще не получил широкого признания из-за активного продвижения азотных удобрений, отсутствия рыночных стимулов для выращивания бобовых, недопонимания важности фиксации N_2 или освоения прививочного материала для инокуляции

фермерами, экологических ограничений (т.е. низкое содержание фосфора в почве, засуха), низкое качество и количество прививочного материала для инокуляции, низкая генетическая совместимость бобового растения-хозяина и бактерии, отсутствие соответствующих политических и экономических стимулов и инфраструктур (Giller и др., 1994; Hungria и др., 1999).

Микориза – это высокоразвитые симбиотические ассоциации между грибами и корнями растений. Растение отдает углерод микоризам в обмен на повышение способности к использованию ресурсов почвы. Более 90% растений мира микоризные с разной степенью зависимости от выгод такой ассоциации. Наиболее известными из них являются микоризные симбиозы древовидная микориза (многие виды культур) и эктомикоризы (только древесные породы, в основном деревья и кустарники), хотя есть и другие виды симбиоза (Allen и др., 1995). Позитивная роль микоризы в растениеводстве подтверждена документальными доказательствами, где описано много случаев увеличения роста и урожайности особенно у высокочувствительных и восприимчивых растений. Чувствительность растений может обуславливаться разными факторами, хотя во многих случаях, это происходит из-за увеличения эффективной корнеобитаемой зоны для экстракции воды и питательных веществ, так как сеть гифов микоризы функционирует в качестве естественного расширения корневой системы растения. Другие выгоды микоризных ассоциаций включают более надежную защиту от болезнетворных микроорганизмов, повышение устойчивости к загрязняющим веществам, повышение устойчивости к недостатку воды, высокой температуре почвы, неблагоприятному уровню pH почвы и шоку от пересадки.

Однако широкое применение микоризных инокулянтов в агроэкосистемах сдерживается сложностью культивации древовидной микоризы и производства достаточного количества инокулянта по доступным ценам. Кроме того, эффективность симбиоза снижается с ростом состояния плодородия почвы (особенно содержания фосфора) или высокой степенью применения фосфорных удобрений. Судя по всему, наиболее практичное использование микоризы на сегодняшний день включает восстановление и мелиорация земель, и инокуляция саженцев деревьев и культур в питомниках древовидной и эктомикоризой. Тем не менее, повышение численности встречающихся в природе популяций микоризы на сельскохозяйственных угодьях (и их потенциальных выгод для культур на корню) осуществимо, а заметные преимущества могут проявиться после внедрения различных агротехнических приемов, которые повышают популяции и активность микоризы, такие как, сокращение пахотной обработки почвы, севооборот, уровня применения удобрений (особенно азота и фосфора) и выбор подходящих хозяев для повышения инфицирующей способности

почвы до посева основной культуры (Abbott и Robson, 1994). Таким образом, потенциал для повышения полезности микоризных симбиозов особенно велик для агроэкосистем со сниженным числом факторов внешнего воздействия и органического земледелия.

ПОЛЕЗНАЯ МАКРОФАУНА ПОЧВЫ

Методы прямого биологического регулирования почвы могут включать инокуляцию или повышение активности инженеров почвенной экосистемы. Очень успешный пример такого метода был разработан в Индии, где используются дождевые черви и органические удобрения в садах Тамил Наду (Giri, 1995; Lavelle и др., 1998; Senapati и др., 1999, 2002).

Чай – это ценная плантационная культура в Индии с долгой историей (многим плантациям уже более 100 лет). За последние годы стабилизировалось производство зеленого чая, несмотря на рост применения факторов внешнего воздействия, например, удобрений и пестицидов. Долгосрочная эксплуатация почвы на чайных плантациях привела к значительным изменениям в различных физических, химических и биологических условиях почвы, снизилось содержание ОБ в почве, катионообмен, водоудерживающая способность, популяции макрофауны почвы (сокращение на 70%), и уровень pH с одновременным повышением содержания токсического алюминия в почве.

В качестве меры реагирования на такие ограничения в производстве чая, была разработана запатентованная технология под названием «Био-органическое удобрение насаждений (Fertilisation Bio-Organique dans les Plantations Arborées (fbo))» компании Parry Agro Industries Ltd. в сотрудничестве с Французским Институтом исследований для развития (French Institut de Recherche pour le Développement) и Университетом Самбалпур (Sambalpur University) в Орисса, Индия. Технология предназначена для улучшения физических и биологических условий почвы путем инокуляции комбинации низко- и высококачественных органических материалов (обрезков чая и навоза) и дождевых червей в траншеи, выкопанные между рядами чайных кустов. Измерения на двух участках с 1994 года показали, что такая технология более эффективная, чем 100% органическое или 100% неорганическое удобрение по отдельности, увеличивая урожайность в среднем до 276% и доходы на такой же процент (от примерно 2000 долларов США/га при использовании традиционных методов до приблизительно 7600 /долларов США/га с применением запатентованной технологии) в первый год применения. Метод был распространен на другие страны, а принципы его применения могут оказаться успешными и для

других многолетних культур. Подробности метода представлены в патентном документе (ref. pct/fr 97/01363; см. также www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/cases/caseA1.pdf).

Похожий, но косвенный метод регулирования популяций экосистемных инженеров посредством внесения ОВ в покрытые коркой почвы в Сахеле повысил активность термитов, что в результате привело к восстановлению структуры почвы и последующему повышению продуктивности растений (Mando и др., 1997, 2002; см. также www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/cases/caseA2.pdf). Площадь покрытых коркой почв в Сахеле увеличилась за последние десятилетия, что вызвало существенную деградацию ландшафта и сократило производство сельскохозяйственных культур. Однако когда была внесена мульча на оголенную почву, покрытую коркой, в северной части Буркина-Фасо, термиты, мигрировавшие с близлежащих территорий, заселили органический субстрат и пахотный слой, значительно изменив ее физическую структуру. Множество ходов открылось на поверхность почвы, сократив процесс поверхностного коркообразования. На всем профиле пахотного слоя образовались макропоры неправильной формы, сократив уплотнение почвы и повысив просачивание и дренаж воды, что позволило сеять сельскохозяйственные культуры. Помимо этого, термиты повысили уровень разложения и минерализации мульчи, высвободив питательные вещества для питания растений. На мульчированных участках, где термиты были искусственно уничтожены, урожайность гороха коровьего составляла 1% от урожая на участках, где термиты присутствовали и осуществляли свою деятельность. Данная работа снова показала, что термиты, которые не являются вредителями в агроэкосистемах, очень важны для растениеводства и функционирования экосистемы, а также, что существует возможность регулирования их деятельности для блага человека в некоторых случаях.

На большей территории Африки, фермеры очищают поля от любых ОВ из-за страха появления вредителей и болезней, особенно термитов, которые, при отсутствии источника пищи начинают питаться сельскохозяйственными культурами. Чтобы добиться изменения в поведении фермеров необходимо убедить фермеров, приводя примеры на экспериментальных участках, показывая ценность мульчи в повышении биологической активности и инфильтрации воды, сокращая уровень испарения, и обеспечивая достаточное количество питательных элементов и влаги для растений.

Неудачи, связанные с биологическим разнообразием почвы

Все вышеупомянутые примеры являются планомерными мероприятиями, направленными на улучшение агротехнических приемов биологическими методами. Изредка имеют место неудачи (Lavelle, 2000), благодаря которым появляется возможность проверки принципов биологического регулирования. При таких неудачных случаях, потеря основных функциональных групп почвенной биоты на определенном участке, в основном вызванная деятельностью человека, может привести к ощутимым последствиям (в основном отрицательным) для функционирования экосистемы. Один из примеров – это разрушение структуры почвы и деградация пастбищных угодий на каолиновых грунтах бассейна р. Амазонка (Chauvel и др. 1997, 1999; Barros и др., 2004).

В Бразильской Амазонии, 95% обезлесенной территории преобразовано в пастбищные угодья, и около 50% могут считаться деградированными из-за неправильного управления, фитосанитарных проблем, низкой плодородности почвы и структурного изменения почвы (связанного с деятельностью фауны). Каолиновые почвы, преобладающие в районе Амазонии имеют благоприятный, но уязвимый микроагрегатный состав из-за низкого содержания гидроксидов металлов. Когда леса были преобразованы в пастбищные угодья, сначала машины, затем вытаптывание скотом почвы может привести к существенному уплотнению почвы, а именно, к образованию 5-10 см слоя (Chauvel и др., 1997).

Но, что более важно, аборигенные сообщества макрофауны в лесных почвах радикально меняются, с исчезновением большей части аборигенных таксонов. Оппортунистическое заселение дождевого червя разновидности *Pontoscolex corethrurus* заполняет пустые ниши и позволяет накопить биомассу более 450 кг/га (около 90% всей биомассы фауны). Эта разновидность ежегодно производит более 100 Мг/га выбросов, значительно снижая макропористость до уровня сравнимого с воздействием тяжелой техники на почву (2,7 см³/100 г). В сезон дождей выбросы червей закупоривают поверхность почвы, насыщая почву и образуя мощный глинистый пласт, в котором преобладают анаэробные условия (одновременно повышая как выделение метана и денитрификацию). В сухой сезон, в результате усыхания образуются трещины на поверхности, блокируя рост корней и ослабляя их способность выделять воду из почвы. Затем растения вянут и гибнут, оставляя за собой оголенные участки земли на пастбищных угодьях (Chauvel и др., 1997).

Эксперимент, проведенный около Манаус в Бразилии, показал роль *P. corethrurus* и разнообразного скопления почвенных организмов (например,

дождевых червей, термитов, многоножек, изопод, муравьев) в разрушении и воссоздании структуры почвы (Bartos и др., 2004). Монолиты почвы 25 на 25 см² были извлечены с пастбищных угодий и помещены в лесу; такие же монолиты были извлечены из леса и помещены на пастбища. Через год, структура уплотненной почвы была полностью восстановлена до уровня типичного для аборигенной почвы лесов действием сообщества разнообразных лесных беспозвоночных организмов. В то время как, макроагрегатная структура лесной почвы была полностью разрушена *P. corethrurus*, где уровень уплотненности и пористости сравним с уровнем деградированных пастбищных угодий.

Это исследование показывает не только очень важную роль разнообразных скоплений макробеспозвоночных в сохранении структуры почвы (особенно в данных каолиновых почвах), но также и проблемы, вызванные агротехническими приемами, которые не адаптированы в соответствии с местными условиями (экстенсивно используемые пастбища на проблемных почвах после обезлесения) и роль заселяющихся видов в свойствах и процессах экосистемы. Данные, полученные в результате исследований, должны быть использованы для обучения фермеров и консультантов по вопросам сельского хозяйства, потому что обмен опытом между фермерами и исследователями поможет катализировать инновации и адаптивное управление, а также обеспечит информацию о проблемах, которые необходимо решить исследователям и должностным лицам, ответственным за выработку политики.

Выводы

Мы увидели, что почвенная биота представляет собой большую долю биологического разнообразия земли. Флора и фауна почвы также вносит свой ощутимый вклад в благосостояние людей через их роль в производстве товаров и услуг, начиная от сельскохозяйственной продукции до регулирования климата и качества грунтовых вод. Однако эта группа организмов еще недостаточно известна для общественности, большей частью упускается из виду при научном анализе биологического разнообразия и игнорируется в разработке систем земледелия. Тесные и комплексные связи между организмами в почве и над ней, в частности растениями, усугубляют последствия этих упущений. Потенциал управления данными организмами, основанного на знаниях, остается ограниченным, но были достигнуты значительные успехи в разработке принципов и методов. Следует принять во внимание развитие и использование данных подходов и считать их важнейшими перспективами следующего столетия.

С внедрением более устойчивых и производительных сельскохозяйственных систем, необходимо изучить влияние изменений в управлении землепользованием на функционирование почвенных экосистем в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Для этого потребуется разработка соответствующих индикаторов, чтобы понять взаимодействие между землепользованием и биологическим разнообразием почв и способствовать мониторингу и оценке тенденций и воздействий, а также процессу активизации рациональных и устойчивых агроэкосистем и их компонентов. Такие индикаторы должны облегчать мониторинг на различных пространственных уровнях и представлять собой инструменты эффективного управления земельными ресурсами и биоразнообразием как на местном и национальном уровне, а также для глобальных обзоров состояния и тенденций биоразнообразия и природных ресурсов.

Методы управления почвами, культурами и борьбы с вредителями часто разрабатываются как отдельные технологии, а влияние других составляющих экосистемы на их функции часто упускается из вида. Разработка стратегий управления, ориентированных на экосистемы, требует комплексного системного подхода, а не изучения компонентов и составляющих частей. Если рассматривать почвенные процессы одновременно посредством системного подхода, принимая во внимание взаимодействие почвы-воды-сельскохозяйственных культур-животноводства-людей при управлении, можно разработать стратегии и рекомендации, которые будут более эффективно выполнять задачи фермеров и животноводов. Есть различные случаи, в которых показаны положительные и отрицательные воздействия методов биологического регулирования почвы с целью повышения сельскохозяйственного производства и устойчивости агроэкосистемы. Когда стратегии управления рассматриваются вне контекста экосистем или нехватка знаний не позволяет надлежащим образом оценить потенциальные риски или ограничения, последствия применения неправильных методов или технологий могут быть катастрофическими. С другой стороны, когда принимаются во внимание определенные экосистемные характеристики, возможности и ограничения системы земледелия, успех мероприятий вероятен, хотя и не гарантирован. Комплексное биологическое и агроэкосистемное управление почвами требует знания почвенных организмов, из взаимодействий и потребностей, влияния различных методов на их популяцию и функции, почвенных, растительных, животноводческих, агроэкосистемных, климатических и антропогенных условий.

Выражение признательности

Авторы хотели бы выразить благодарность ФАО через Нидерландскую программу партнерства, и Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Profix) за содействие во время составления данной главы. Мы также признательны Дж. Бенитесу, Д. Куперу, Дж. Дж. Джименезу и анонимному редактору за их комментарии, и, особую благодарность Д. Джарвис и Л. Сирсу за тщательное редактирование, без которого данная глава не могла бы быть опубликована. Для более подробной информации по этой теме, см. Портал ФАО о биоразнообразии почвы (www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiol/).

Литература

- Abbott, L. K. and A. D. Robson. 1994. The impact of agricultural practices on mycorrhizal fungi. In C. E. Pankhurst, B. M. Doube, V. V. S. R. Gupta, and P. R. Grace, eds., *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*, 88–95. East Melbourne, Australia: csiro.
- Allen, E. B., M. F. Allen, D. J. Helm, J. M. Trappe, R. Molina, and E. Rincon. 1995. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. *Plant Soil* 170:47–62.
- Amman, R. and W. Ludwig. 2000. RNA ribosomal- targeted nucleic acid probes for studies in microbial ecology, *Federation of European Microbiological Societies Microbiology Reviews* 24:555–565.
- Anderson, J. M. 1994. Functional attributes of biodiversity in land use systems. In D. J. Greenland and I. Szabolcs, eds., *Soil Resilience and Sustainable Land Use*, 267–290. Wallingford, uk: cab International.
- Anderson, J. M. 1995. Soil organisms as engineers: Microsite modulation of macroscale processes. In C. G. Jones and J. H. Lawton, eds., *Linking Species and Ecosystems*, 94–106. New York: Chapman and Hall.
- Anderson, J. M. 2000. Foodweb functioning and ecosystem processes: Problems and perceptions of scaling. In D. C. Coleman and P. F. Hendrix, eds., *Invertebrates as Webmasters in Ecosystems*, 3–24. Wallingford, uk: cab International.
- André, H. M., M.- I. Noti, and P. Lebrun. 1994. The soil fauna: The other last biotic frontier. *Biodiversity and Conservation* 3:45–56.
- Barros, M. E., M. Grimaldi, M. Sarrazin, A. Chauvel, D. Mitja, T. Desjardins, and P. Lavelle. 2004. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Applied Soil Ecology* 26:157–168.
- Bater, J. E. 1996. Micro- and macro- arthropods. In G. S. Hall, ed., *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments*, 163–174. Wallingford, uk: cab International.
- Brown, G. G., I. Barois, and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology* 36:177–198.
- Brown, G. G., C. A. Edwards, and L. Brussaard. 2004. How earthworms affect plant growth: Burrowing into the mechanisms. In C. A. Edwards, ed., *Earthworm Ecology*, 13–49. Boca Raton, fl: crc Press.
- Brown, G. G., M. Hungria, L. J. Oliveira, S. Bunning, and A. Montañez. 2002a. *Programme, Abstracts and Related Documents of the International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture*. Série Documentos Vol. 182. Londrina, Brazil: Embrapa Soja.
- Brown, G. G., A. Pasini, N. P. Benito, A. M. de Aquino, and M. E. F. Correia. 2002b. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems. In

Proceedings of the International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems, November 8–10, 2001, cd-rom, 1–20. Montreal: unu/cbd.

- Brown, K. S. Jr. 1991. Conservation of neotropical environments: Insects as indicators. In N. M. Collins and J. A. Thomas, eds., *The Conservation of Insects and Their Habitats*, 349–403. London: Academic Press.
- Brussaard, L., V. M. Behan-Pelletier, D. E. Bignell, V. K. Brown, W. Didden, P. Folgarait, C. Fragoso, D. Wall-Freckman, V. V. S. R. Gupta, T. Hattori, D. L. Hawksworth, C. Klopatek, P. Lavelle, D. W. Malloch, J. Rusek, B. Söderström, J. M. Tiedje, and R. A. Virginia. 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* 26:563–570.
- Brussaard, L., T. W. Kuyper, W. A. M. Didden, R. G. M. de Goede, and J. Bloem. 2004. Biological soil quality from biomass to biodiversity: Importance and resilience to management stress and disturbance. In P. Schjørring, S. Emholt, and B. T. Christensen, eds., *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture*, 139–161. Wallingford, UK: cab International.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2002. *Action for a Sustainable Future: Decisions from the Sixth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity*. Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Chambers, R. 1991. Farmer first: A practical paradigm for the third agriculture. In M. Altieri and S. B. Hecht, eds., *Agroecology and Small Farm Development*, 237–244. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Chauvel, A., E. M. Barbosa, E. Blanchart, M. Grimaldi, J. Ferraz, P. D. Martins, O. Topall, E. Barros, T. Desjardins, N. F. Filho, I. P. A. Miranda, M. Sarrazin, and D. Mitja. 1997. Mise en valeur de la forêt et modifications écologiques. In H. Théry, ed., *Environnement et développement en Amazonie Brésilienne*, 42–75. Paris: Editions Berlin.
- Chauvel, A., M. Grimaldi, E. Barros, E. Blanchart, M. Sarrazin, and P. Lavelle. 1999. Pasture degradation by an Amazonian earthworm. *Nature* 389:32–33.
- Dacaens, T., L. Mariani, N. Betancourt, and J. J. Jiménez. 2001. Earthworm effects on permanent soil seed banks in Colombian grasslands. In J. J. Jiménez and R. J. Thomas, eds., *Nature's Plow: Soil Macroinvertebrate Communities in the Neotropical Savannas of Colombia*, 274–293. Cali, Colombia: CIAT.
- Doran, J. W., D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B. A. Stewart. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication 35. Madison, WI: ASA.
- Doran, J. W. and A. J. Jones. 1996. *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Special Publication 49. Madison, WI: ASA.
- Doran, J. W. and T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B. A. Stewart, eds., *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, 3–21. Madison, WI: ASA.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1991. *Expert Consultation on Legume Inoculant Production and Quality Control*. Rome: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2002. *World Agriculture: Towards 2015/2030, Summary Report*. Rome: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. *Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture*. World Resources Soil Reports 101. Rome: FAO.
- Giller, K. E. 2001. *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*, 2nd ed. Wallingford, UK: cab International.
- Giller, K. E., M. H. Beare, P. Lavelle, A.-M. N. Izac, and M. J. Swift. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology* 6:3–16.
- Giller, K. E., J. F. McDonagh, and G. Cadish. 1994. Can biological nitrogen fixation sustain agriculture in the tropics? In J. K. Syers and D. L. Rimmer, eds., *Soil Science and Sustainable Land Management in the Tropics*, 173–191. Wallingford, UK: cab International.
- Giri, S. 1995. *Short Term Input Operational Experiment in Tea Garden with Application of Organic Matter and Earthworm*. M.Phil. thesis, Sambalpur University, Jyoti Vihar, India.
- Gliessman, S. R. 1990. Understanding the basis of sustainability for agriculture in the tropics: Experiences

- in Latin America. In C. A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R. H. Miller, and G. House, eds., *Sustainable Agricultural Systems*, 378–390. Ankeny, ia: swcs.
- Hågvar, S. 1998. The relevance of the Rio Convention on Biodiversity to conserving the biodiversity of soils. *Applied Soil Ecology* 9:1–7.
- Hawksworth, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research* 95:641–655.
- Hawksworth, D. L. and M. T. Kalin- Arroyo. 1995. Magnitude and distribution of biodiversity. In V. H. Heywood, ed., *Global Biodiversity Assessment*, 107–191. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Hawksworth, D. L. and L. A. Mound. 1991. Biodiversity databases: The crucial significance of collections. In D. L. Hawksworth, ed., *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*, 17–29. Wallingford, uk: cab International.
- Hendrix, P. F., D. A. Crossley Jr., J. M. Blair, and D. C. Coleman. 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In C. A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R. H. Miller, and G. House, eds., *Sustainable Agricultural Systems*, 637–654. Ankeny, ia: swcs.
- Hendrix, P. F., R. W. Parmelee, D. A. Crossley Jr., D. C. Coleman, E. P. Odum, and P. M. Groffman. 1986. Detritus food webs in conventional and non- tillage agro-ecosystems. *BioScience* 36:374–380.
- Hillel, D. 1991. *Out of the Earth: Civilization and the Life of the Soil*. Berkeley: University of California Press.
- House, G. J. and R. W. Parmelee. 1985. Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no- tillage agroecosystems. *Soil Tillage Research* 5:351–360.
- Hungria, M., M. A. T. Vargas, D. de S. Andrade, R. J. Campo, L. M. de O. Chueire, M. C. Ferreira, and I. C. Mendes. 1999. Fixação biológica do nitrogênio em legumi-nosas de grãos. In J. O. Siqueira, F. M. S. Moreira, A. S. Lopes, L. R. G. Guilherme, V. Faquin, A. E. Furtani Neto, and J. G. Carvalho, eds., *Inter- relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*, 597–620. Lavras, Brazil: ufla.
- Ingham, E. R. 1999. The food web and soil health. In A. J. Tugel and A. M. Lewandowski, eds., *Soil Biology Primer*, B1–B10. Ames, ia: nrcs Soil Quality Institute.
- Ingham, R. E., J. A. Trofymow, E. R. Ingham, and D. C. Coleman. 1985. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs* 55:119–140.
- Jones, C. G., J. H. Lawton, and M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373–386.
- Keeney, D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen: Inorganic forms. In C. A. Black, D. D. Evans, L. E. Ensminger, J. L. White, and F. E. Clark, eds., *Methods of Soil Analysis*, Part 2, 682–687. Madison, wi: asa.
- Kevan, D. K. M. 1985. Soil zoology, then and now—mostly then. *Quaestiones Entomologicae* 21:371.7–472.
- Lavelle, P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International* 33:3–16.
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Science* 165:73–86.
- Lavelle, P. 2002. Functional domains in soils. *Ecological Research* 17:441–450.
- Lavelle, P., I. Barois, E. Blanchart, G. G. Brown, L. Brussaard, T. Decaëns, C. Frago, J. J. Jimenez, K. Ka Kajondo, M. A. Martinez, A. G. Moreno, B. Pa-shanasi, B. K. Senapati, and C. Villenave. 1998. Earthworms as a resource in tropical agroecosystems. *Nature and Resources* 34:28–44.
- Lavelle, P., D. Bignell, M. Lepage, V. Wolters, P. Roger, P. Ineson, O. W. Heal, and S. Ghillion. 1997. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33:159–193.
- Lewinsohn, T. M. and P. I. Prado. 2005. How many species are there in Brazil? *Conservation Biology* 19:619–624.
- Lewinsohn, T. M. and P. I. Prado. 2006. *Síntese do conhecimento da biodiversidade brasileira*, Vol. I. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria do Biodiversidade e Florestas, 21–109.

- Lowdermilk, W. C. 1978. *Conquest of the Land Through 7,000 Years*. Agriculture Information Bulletin 99. Washington, dc: usda.
- Mando, A., L. Brussaard, and L. Stroosnijder. 1997. Termite- and mulch- mediated rehabilitation of vegetation on crusted soil in West Africa. *Restoration Ecology* 7:33–41.
- Mando, A., L. Brussaard, L. Stroosnijder, and G. G. Brown. 2002. Managing termites and organic resources to improve soil productivity in the Sahel. In G. G. Brown, M. Hungria, L. J. Oliveira, S. Bunning, and A. Montañez, eds., *Program, Abstracts and Related Documents of the International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture*, Série Documentos Vol. 182, 191–203 (also available at www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiol/cases.stm). Londrina, Brazil: Embrapa Soja.
- McNeely, J. A., M. Gadgil, C. Levêque, C. Padoch, and K. Redford. 1995. Human influences on biodiversity. In V. H. Heywood, ed., *Global Biodiversity Assessment*, 711–821. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Montañez, A. 2002. Overview and case studies on biological nitrogen fixation: Perspectives and limitations. In G. G. Brown, M. Hungria, L. J. Oliveira, S. Bunning, and A. Montañez, eds., *Program, Abstracts and Related Documents of the International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture*, Série Documentos Vol. 182, 204–224. Londrina, Brazil: Embrapa Soja. Available at www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiol/cases.stm.
- Moreira, F. M. S., J. O. Siqueira, and L. Brussaard. 2006. Soil organisms in tropical ecosystems: A key role for Brazil in the global quest for the conservation and sustainable use of biodiversity. In F. M. S. Moreira, J. O. Siqueira, and L. Brussaard, eds., *Soil Biodiversity in Amazonian and Other Brazilian Ecosystems*, 1–12. Wallingford, uk: cabi.
- Muckel, G. B. and M. J. Mausbach. 1996. Soil quality information sheets. In J. W. Doran and A. J. Jones, eds., *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Special Publication 49, 393–400. Madison, wi: asa.
- Myers, R. J. K., C. A. Palm, E. Cuevas, I. U. N. Gunatilleke, and M. Brossard. 1994. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In P. L. Woomer and M. J. Swift, eds., *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*, 81–116. Chichester, uk: Wiley.
- Oades, J. M. and L. J. Walters. 1994. Indicators for sustainable agriculture: Policies to paddock. In C. E. Pankhurst, B. M. Doube, V. V. S. R. Gupta, and P. R. Grace, eds., *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*, 219–223. East Melbourne, Australia: csiro.
- Ortiz, B., C. Fragoso, I. Mboukou, B. Pashanasi, B. K. Senapati, and A. Contreras. 1999. Perception and use of earthworms in tropical farming systems. In P. Lavelle, L. Brussaard, and P. F. Hendrix, eds., *Earthworm Management in Tropical Agro-ecosystems*, 239–252. Wallingford, uk: cab International.
- Palm, C. A., K. E. Giller, P. L. Mafongoya, and M. J. Swift. 2001. Management of organic matter in the tropics: Translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61:63–75.
- Palm, C. A., K. E. Giller, and M. J. Swift. 2000. Synchrony: An overview. In *The Biology and Fertility of Tropical Soils. Tropical Soil Biology and Fertility Programme Report 1997–1998*, 18–20. Nairobi, Kenya: tsbf.
- Pankhurst, C. E. 1994. Biological indicators of soil health and sustainable productivity. In D. J. Greenland and I. Szabolcs, eds., *Soil Resilience and Sustainable Land Use*, 331–351. Wallingford, uk: cab International.
- Pankhurst, C. E., B. M. Doube, and V. V. S. R. Gupta. 1997. *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, uk: cab International.
- Paoletti, M. G. 1999. *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes: Practical Use of Invertebrates to Assess Sustainable Land Use*. Amsterdam: Elsevier.
- Pearce, T. G., N. Roggero, and R. Tipping. 1994. Earthworms and seeds. *Journal of Biological Education* 28:195–202.
- Pimentel, D., C. Wilson, C. McCullum, R. Huang, P. Dwen, J. Flack, Q. Tran,
- T. Saltman, and B. Cliff. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience* 47:747–757.

- Puentes, R. and M. J. Swift. 2000. Tropical soil ecology: Matching research opportunities with farmers' needs. In M. J. Swift, ed., *Managing the Soil Biota for Sustainable Agriculture: Opportunities and Challenges*. Nairobi, Kenya: tsbf.
- Ramos, S. F. J. 1998. *Grupo Vicente Guerrero de Española, Tlaxcala. Dos décadas de promoción de campesino a campesino*. México City, Mexico: Red de Gestión de Recursos Naturales and Rockefeller Foundation.
- Sá, J. C. M. 1993. *Manejo da fertilidade do solo no plantio direto*. Ponta Grossa, Brazil: Fundação abc.
- Sanchez, P. A. 1994. Tropical soil fertility research: Towards the second paradigm. In *Transactions of the 15th World Congress of Soil Science*, Vol. 1, 65–88. Aca-pulco, Mexico: iss.
- Sanchez, P. A. 1997. Changing tropical soil fertility paradigms: From Brazil to Africa and back. In A. C. Moniz, ed., *Plant–Soil Interactions at Low pH*, 19–28. Lavras, Brazil: Brazilian Soil Science Society.
- Senapati, B. K., P. Lavelle, S. Giri, B. Pashanasi, J. Alegre, T. Decaëns, J. J. Jiménez, A. Albrecht, E. Blanchart, M. Mahieux, L. Rousseaux, R. Thomas, P. K. Pani-grahi, and M. Venkatachalan. 1999. In- soil technologies for tropical ecosystems. In P. Lavelle, L. Brussaard, and P. F. Hendrix, eds., *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*, 199–237. Wallingford, uk: cab International.
- Senapati, B. K., P. Lavelle, P. K. Panigrahi, S. Giri, and G. G. Brown. 2002. Restoring soil fertility and enhancing productivity in Indian tea plantations with earthworms and organic fertilizers. In G. G. Brown, M. Hungria, L. J. Oliveira, S. Bunning, and A. Montañez, eds., *Program, Abstracts and Related Documents of the International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture*, Série Documentos Vol. 182, 172–190. Londrina, Brazil: Embrapa Soja. Available at www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/cases.stm.
- Settle, W. 2000. *Living Soils: Training Exercises for Integrated Soils Management*. Jakarta, Indonesia: fao Programme for Community ipm in Asia.
- Shepherd, T. G. 2000. *Visual Soil Assessment*, Vol. 1, *Field Guide for Cropping and Pastoral Grazing on Flat to Rolling Country*, 84. Palmerston North, New Zealand: Horizon.mw & Landcare Research.
- Stork, N. E. and P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture* 7:38–47.
- Swift, M. J. 1997. Biological management of soil fertility as a component of sustainable agriculture: Perspectives and prospects with particular reference to tropical regions. In L. Brussaard and R. Ferrera-Cerrato, eds., *Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems*, 137–159. Boca Raton, fl: Lewis Publishers.
- Swift, M. J. 1999. Towards the second paradigm: Integrated biological management of soil. In J. O. Siqueira, F. M. S. Moreira, A. S. Lopes, L. R. G. Guilherme, V. Faquin, A. E. Furtani Neto, and J. G. Carvalho, eds., *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*, 11–24. Lavras, Brasil: ufla.
- Swift, M. J., L. Bohren, S. E. Carter, A. M. Izac, and P. L. Woormer. 1994. Biological management of tropical soils: Integrating process research and farm practice. In P. L. Woormer and M. J. Swift, eds., *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*, 209–227. New York: Wiley.
- Swift, M. J., J. Vandermeer, P. S. Ramakrishnan, J. M. Anderson, C. K. Ong, and B. A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. In H. A. Mooney, J. H. Cushman, E. Medina, O. E. Sala, and E.-D. Schulze, eds., *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*, 261–298. New York: Wiley.
- Torsvik, V., J. Goksøyr, F. L. Daae, R. Sørheim, J. Michalsen, and K. Salte. 1994. Use of dna analysis to determine the diversity of microbial communities. In K. Ritz, J. Dighton, and K. E. Giller, eds., *Beyond the Biomass: Composition and Functional Analysis of Soil Microbial Communities*, 39–48. Chichester, uk: Wiley.
- Torsvik, T. and L. Ovreas. 2002. Microbial diversity and function in soil: From genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology* 5:240–245.
- TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Institute). 1999. *Managing the Soil Biota for Sustainable*

- Agricultural Development in Africa: A Collaborative Initiative. A Proposal to the Rockefeller Foundation.* Nairobi, Kenya: tsbf.
- TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Institute). 2000. *The Biology and Fertility of Tropical Soils. Tropical Soil Biology and Fertility Programme Report 1997–1998.* Nairobi, Kenya: tsbf.
- Usher, M. B., P. Davis, J. Harris, and B. Longstaff. 1979. A profusion of species? Approaches towards understanding the dynamics of the populations of microarthropods in decomposer communities. In R. M. Anderson, B. D. Turner, and L. R. Taylor, eds., *Population Dynamics*, 359–384. Oxford: Oxford University Press.
- Vandermeer, J., M. van Noordwijk, J. M. Anderson, C. Ong, and I. Perfecto. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems Environment* 67:1–22.
- van Straalen, N. M. 1998. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology* 9:429–437.
- Wall, D. H. and J. C. Moore. 1999. Interactions underground: Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. *BioScience* 49:109–117.
- Willems, J. H. and K. G. A. Huijsmans. 1994. Vertical seed dispersal by earthworms: A quantitative approach. *Ecography* 17:124–130.
- Wilson, E. O. 1985. The biological diversity crisis: A challenge to science. *BioScience* 35:700–706.

А. УИЛБИ И М.Б. ТОМАС

Во времена, когда биологическое разнообразие теряется с беспрецедентной скоростью из-за деятельности человека, многие исследования посвящались оценке важности биоразнообразия для функционирования и стабильности экосистем и для предоставления экосистемных услуг. Тема борьбы с вредителями поднималась много раз как ценная экосистемная услуга биоразнообразия (Pimentel, 1961; Horn, 1988; Altieri, 1991; Mooney и др., 1995a, 1995b; Naylor и Ehrlich, 1997; Naeem и др., 1999; Schläpfer и др., 1999), которой угрожает риск от деятельности человека (Naylor и Ehrlich, 1997). Существует множество доказательств того, что системы сельскохозяйственного производства интенсифицируются из-за увеличения применения внешних факторов воздействия для повышения урожайности и изменения структуры ландшафта, теряют биологическое разнообразие и дестабилизируются, причем одновременно увеличивается частота и степень нашествия вредителей (Pimentel, 1961; Andow, 1991; Kruess и Tscharntke, 1994; Swift и др., 1996; Knops и др., 1999). Однако, мы недостаточно осведомлены об экологических механизмах, которые приводят к дестабилизации или насколько важны естественные враги для борьбы с вредителями. Задача данной главы состоит в исследовании того, как достоверные знания об экологии могут облегчить исследование этих механизмов и внести свой вклад в разработку структуры изучения и понимания роли биоразнообразия в борьбе с вредителями и как эта роль формируется в результате применения разных методов. Через эту призму и на основе достоверных знаний, полученных из наших ранних работ (см. Wilby и Thomas, 2002a, 2002b г), мы определили ряд гипотез и рекомендаций для будущих исследований о роли и управлении агробiorазнообразием для устойчивой борьбы с вредителями.

Чтобы мы смогли прогнозировать последствия исчезновения биологических видов для борьбы с вредителями, вызванных деятельностью человека, следует улучшить наше понимание двух взаимосвязанных экологии агроэкосистем. Сначала, необходимо определить и охарактеризовать механизмы, которыми агроэкосистемы влияют на разнообразие и видовой состав вредителей и совокупности их естественных врагов. Во-вторых, нам необходимо понять последствия борьбы с вредителями (Wilby и Thomas, 2002a). Чтобы рассмотреть

эти вопросы, мы воспользовались существующими экологическими теориями о совокупности и функциях биологического разнообразия. Последняя теория, в частности, получила развитие, несмотря на некоторые противоречия. На начальном этапе, нами была изучена данная теория и поставлены вопросы о том, как усвоенные уроки должны повлиять на наше исследование отношения между разнообразием и борьбой с вредителями.

Биоразнообразие и функционирование экосистемы

Определение характеристик связи между биоразнообразием и функционированием экосистемы было основной целью экологии за последние десятилетия (см. главу 9). Был проведен ряд теоретических и эмпирических исследований многих свойств экосистем, в том числе формирование биомассы (производители, потребители и биоредукторы), потребление и удержание питательных веществ, разложение, уровень pH почвы, содержание воды и органического вещества в почве и дыхание скоплений организмов (Schläpfer и др., 1999). Хотя большинство исследований раскрыли насыщающую положительную связь между разнообразием и функционированием экосистемы (Schwartz и др., 2000), из-за некоторых вопросов интерпретация связи между разнообразием и функционированием экосистемы оказалась спорной. Например, противоречия, касающиеся сравнительного достоинства эмпирических и экспериментальных данных в характеристике связи разнообразия и функционирования экосистемы. Экспериментальные исследования подвергались критике из-за видового состава и распределения численности видов в экспериментальных сообществах организмов, которые зачастую неадекватно отражали естественные сообщества, а также потому, что воздействия отдельных видов и разнообразия видов иногда смешиваются (Huston, 1997; Wardle, 1999; Wardle и др., 2000). Кроме того, там, где были доказаны эффекты разнообразия, были противоречия о том, вызваны ли они дополнительным функционированием разных таксонов или функциональных групп, положительными взаимодействиями между видами или эффектом выборки, то есть повышенной вероятностью включения видов с высокой степенью влияния по мере увеличения разнообразия (Huston, 1997; Tilman и др., 1997). Первые два механизма считаются истинными эффектами разнообразия, потому что они являются эмергентными свойствами, вызванными разнообразием, тогда как последний – это стохастический эффект, вызванный видовым составом, который можно считать настоящим эффектом разнообразия, только если экспериментальные вероятности включения

видов совпадают с естественными. Были разработаны методы обособления истинных эффектов разнообразия от эффектов выборки или отбора. Например, репликация уровней разнообразия с разными составами устраняет эффект смещения разнообразия и отдельных видов, а уравнение Лоро-Гектора (Logeau и Hector, 2001) позволяет отделить эффект разнообразия в выборке от эффектов взаимодополнения и положительного взаимодействия видов, если структура исследования правильна.

Проблема экспериментальных подходов побудила некоторых исследователей более активно применять исследования по данным наблюдения. Они тоже подверглись критике, так как в них не осуществляется контроль переменных скоррелированных с разнообразием, поэтому они не достоверны для определения роли разнообразия в функционировании экосистемы (Naeem и др., 1999; Naeem, 2000). Однако признается тот факт, что эмпирические исследования необходимы для определения моделей разнообразия, существующих в природе, крайне важный шаг для разработки реалистичных экспериментов (Wardle и др., 2000).

В добавление к данным проблемам с интерпретацией результатов изучения биоразнообразия и функционирования экосистем, существуют сложности применения новых теорий в реальных экосистемах. В частности, мы предполагаем, что контекст и масштаб исследований может сильно повлиять на форму наблюдаемой связи между биоразнообразием и функционированием, поэтому неясно в каком масштабе и к каким экологическим условиям можно применить результаты исследований (Fridley, 2001).

Основной идеей гипотезы о связи между биоразнообразием и функционированием экосистемы является концепция взаимодополняемости таксономических или функциональных элементов биоразнообразия. Форма отношений определяется степенью, в которой элементы биоразнообразия (например, генотипы, виды, трофические группы) функционально одинаковы с точки зрения того, какие функции они выполняют, а также где и как. Если есть значительная доля взаимодополняемости между элементами в отношении определенной функции, тогда уровень ассоциированных процессов сократится с исчезновением каждого из элементов. С другой стороны, при значительной избыточности между элементами, начальная потеря разнообразия не будет влиять на скорость процессов экосистемы.

На сегодняшний день, теория функциональной взаимодополняемости между элементами биоразнообразия концентрируется на экологических свойствах самих элементов. Однако вероятно то, что экологический контекст исследования также будет оказывать важное влияние на функциональную взаимодополняемость. Взаимодополняемость возникает, если элементы

пользуются эксклюзивными сегментами пространства или времени, или, если они выполняют только определенные функции. Следовательно, потенциал для взаимодополняемости определяется частично диапазоном имеющихся пространственных и временных ниш и масштабом изучаемого процесса. В процессе установления границ и предмета исследования, экспериментатор определяет каждую из данных характеристик. По мере увеличения временных и пространственных рамок и масштаба процесса, будет увеличиваться количество ниш и число элементов, необходимых для максимального функционирования. Это показано на гипотетическом примере на рисунке 10.1а, на котором представлена роль элементов биоразнообразия (показано строчными буквами с нижними индексами) в переходном состоянии (блоки) в рамках процесса. Для данной позиции во времени и пространстве (т.е., в определенном экологическом контексте), количество элементов биоразнообразия необходимых для выполнения экосистемных функций зависит от масштаба рассматриваемого процесса. Если масштаб изучаемого процесса заключается в переходе от состояния А в состояние В, тогда необходим только один элемент биоразнообразия (например, a_1).

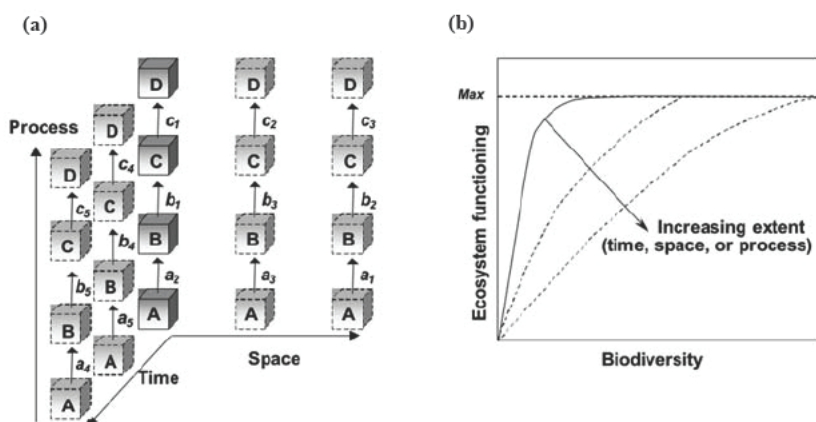


РИСУНОК 10.1. Влияние процесса и пространственно-временных рамок на связь биологического разнообразия и функционирование экосистемы. (а) Гипотетический пример процесса, в котором переход между отдельными состояниями (блоки с прописными буквами) происходит посредством деятельности отдельных элементов биоразнообразия (строчные буквы с нижними индексами). Увеличение масштаба процесса и пространственных или временных рамок с исходного уровня экологических условий (представленных закрашенными блоками), охватывает больше ниш и увеличивает число элементов биоразнообразия необходимых для максимального функционирования. (б) Это меняет форму отношений между биоразнообразием и функционированием экосистем.

Однако если предметом интереса является процесс, включающий переход от состояния А в состояние D, тогда необходимо три элемента для полноценного функционирования (например, a_2 , b_1 , и c_1). По мере увеличения временных или пространственных рамок исследования, увеличивается число элементов, необходимых для максимального функционирования, потому что разные элементы являются наиболее эффективными в разные моменты пространства и времени. Поэтому для перехода от состояния А к состоянию В в пространстве в этом примере необходима деятельность трех элементов биоразнообразия (a_1 , a_2 , и a_3). Для полного масштаба процесса А к D через все комбинации времени и пространства, необходимо максимальное количество элементов, т.е., 27 элементов, для полного функционирования. Так, хотя насыщающая функция может являться более распространенной формой отношений биоразнообразия и функционирования экосистемы (Schwartz и др., 2000), минимальное разнообразие, при котором достигается максимальное функционирование будет зависеть частично от пространственно-временнo-процессуального масштаба исследования (рис. 10.1b).

Конечно, концептуальная модель очень упрощена и мы не знаем, например, как ниши накапливаются в пространственных и временных рамках и в масштабе процесса. Также ясно, что появление ниш зависит в некоторой степени от межвидовых взаимодействий. Однако существуют доказательства воздействия пространственных рамок из-за специализации ниш в градиентах среды в пространстве (Tilman и др., 1997; Fridley, 2001; Wellnitz и Poff, 2001) и эффекты временных рамок из-за фенологических различий между видами (Hooper, 1998). Кроме того, согласно страхово́й гипотезе разнообразия видов (Naeem и Li, 1997; Petchey и др., 1999; Yachi и Loreau, 1999) ниши во времени и пространстве будут взаимодействовать в соответствии с изменениями в окружающей среде, все более увеличивая вероятность взаимодополняющих функций во времени среди видов. При обсуждении определения функционирования экосистем, Гхиларов (2000) утверждает, что важен масштаб процесса. Например, мы предполагаем, что существуют очень разные отношения между функционированием экосистем и биоразнообразием, если под *функционированием экосистем* подразумевается общее потребление CO_2 всеми растениями, а не производство и потребление всех соединений, используемых всеми организмами. Данные масштабы и эффекты усложняют экстраполяцию результатов экспериментов на другие точки во времени, пространстве и масштабе процесса, поэтому нам следует с осторожностью применять результаты экспериментов в качестве руководства к действию, например, для сельскохозяйственной (или природоохранной) политики до полного понимания масштабирования связей.

Каковы воздействия данных вопросов на разработку экологической основы для изучения связей между сельскохозяйственным управлением, биоразнообразием и борьбой с вредителями? Учитывая проблемы использования не соответствующих действительности сообществ микроорганизмов в экспериментальных исследованиях и сложность в определении причинной зависимости в эмпирических наблюдениях, мы предполагаем, что в будущих исследованиях следует попытаться связать влияние изменений биоразнообразия на борьбу с вредителями с ожидаемым влиянием сельскохозяйственного управления на биоразнообразие. С экологической точки зрения, это означает, что необходимо совместное исследование совокупностей и функций биоразнообразия. При таком подходе, мы улаживаем проблемы, связанные с неестественными совокупностями видов и нереалистичными моделями исчезновения видов. Ввиду зависимости масштаба и контекста в отношениях между биоразнообразием и функционированием экосистем и отсутствия моделей для прогнозирования накопления ниш в разрезе масштабов, опытные эксперименты должны быть также сконцентрированы на всем изучаемом процессе, и проводиться в масштабе, соответствующем нормальному сельскохозяйственному управлению. Что касается борьбы с вредителями при помощи их естественных врагов, масштаб должен измеряться полем в течение одного или нескольких вегетационных периодов.

Очевидно, что действия как разнообразия, так и видового состава могут оказать существенное влияние на несколько экосистемных процессов, и борьба с вредителями здесь не исключение. Мы считаем, что выгодное направления для исследования – это изучение биологических свойств вредителей и их естественных врагов, которые влияют на относительную важность разнообразия и состава как определяющие факторы деятельности по борьбе с вредителями. В случаях, когда влияние видовых составов сильное, целесообразно понять механизмы исчезновения разнообразия видов и сравнить экологические или биологические свойства, которые обуславливают вероятность исчезновения видов с теми, которые определяют функции. Пользуясь таким методом, можно избежать проблемы эффектов выборки, потому что оценка вероятности включения отдельных видов в совокупность – это неотъемлемая черта исследования, и она не считается случайной. В следующих разделах мы предлагаем экологическую основу для изучения управления агроэкосистемами и ее влияние на совокупность сообществ артроподов, а также на разнообразие естественных врагов и деятельность по борьбе с вредителями. Затем обсуждаются способы целесообразной увязки между ними в целях прогнозирования появления вредителей во время интенсификации и экстенсификации сельского хозяйства.

В ряде исследований говорится о широком диапазоне воздействий организации агроэкосистем на численность, распространенность и разнообразие артроподов. Например, (с конкретной привязкой к борьбе с вредителями), Летурно и Голдштейн (2001), сравнивая эффекты органического и традиционного производства на уничтожение вредителей и структуры сообщества артроподов в томатах, выявили, что тогда как численность травоядных не изменилась в обеих производственных системах (например, проблемы с вредителями не были более серьезными, там где количество пестицидов ограничено), на органических фермах наблюдалось большее богатство видов всех функциональных групп артроподов и большая численность естественных врагов, чем на традиционных фермах. Такие различия ассоциировались с определенными приемами в полевых условиях и характеристиками ландшафта, а именно, вспашка под пар, окрестная среда обитания, дата пересадки культур. В другой системе в США, Меналлед и др. (1999) исследовали воздействие структуры сельскохозяйственного ландшафта на паразитизм и разнообразие паразитоидов. Они обнаружили, что на некоторых участках с комплексным ландшафтом, сочетающим пахотные угодья и среды обитания на незасаемых землях средней и поздней сукцессии (*примечание переводчика - естественный процесс, в результате которого одни виды, обитающие в данной местности, так изменяют условия в ней, что она становится менее благоприятной для этих видов и более подходящей для других*), наблюдались более высокие уровни паразитизма и разнообразия паразитоидов, чем на простых (в основном пахотные угодья) ландшафтах (см. главу 11). Тем не менее, такая картина наблюдается не на всех участках, поэтому явного влияния степени комплексности ландшафта на паразитизм не было определено. Такая неясность противоречит исследованию Тiesa и Щарнтке (1999), которые обнаружили, что сложные ландшафты способствуют паразитизму и борьбе с рапсовым цветоедом. А в других исследованиях, например, Уейбулла и др. (2003), утверждается, что хотя богатство видов в целом увеличивается по мере повышения неоднородности ландшафта в масштабе фермы, изменения в разнообразии неоднозначно влияют на естественную борьбу с вредителями.

В соответствии с вышеупомянутыми исследованиями, можно сделать заключение о том, чтобы полностью изучить влияние сельскохозяйственного управления на разнообразие артроподов (а затем, влияние изменений в разнообразии на борьбу с вредителями), нам необходима схема, которая описывает экологические механизмы заселения определенных территорий биологическими видами (Wilby и Thomas, 2002a). Правила совокупности

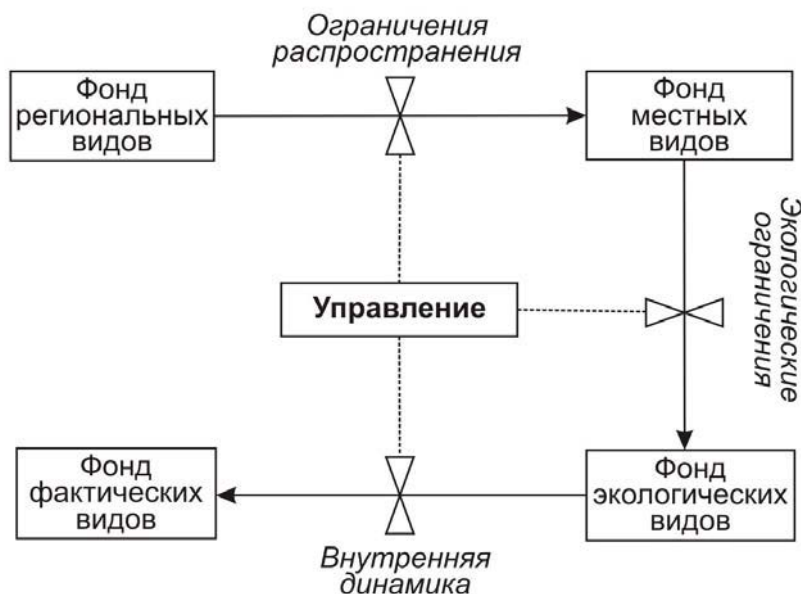


РИСУНОК 10.2. Процесс формирования совокупности сообществ, демонстрирующий последовательные фильтры распространения, окружающей среды и внутренней динамики видов при переходе из фонда региональных видов в фонд фактических видов. Управление агроэкосистемой может изменить каждый из этих процессов.

имеют долгую историю в экологии сообществ, задача которых состоит в прогнозировании того, какие виды будут встречаться в определенных средах обитания (Keddy, 1992; Kelt и др., 1995; Belyea и Lancaster, 1999).

Для обеспечения наличия вида на определенном участке, необходимо, в первую очередь, убедиться в его способности попасть на данный участок. Ограничения в распространении обуславливают включение определенного вида из фонда региональных видов в фонд местных видов, то есть, определяют тот вид, который способен распространиться на рассматриваемый участок (рис. 10.2). Из фонда местных видов, только тот вид, который способен преодолеть экологические ограничения на участке включается в фонд экологических видов. В заключение, внутренняя динамика сообществ, в том числе внутривидовые процессы обуславливают состав фактического фонда видов. В дополнение к регулированию присутствия видов в сообществах, данные процессы также влияют на численность вида. Это позволяет использовать схему для описания важных процессов, движущих распространение численности в дополнение к богатству видов.

Хотя такая схема совокупности применима к любому сообществу,

отдельные характеристики агроэкосистем могут изменить относительную значимость фильтров в регулировании разнообразия видов в сравнении с другими экосистемами. Нарушение равновесия, например, может влиять на важность неравновесных процессов, таких как распространение и колонизация по сравнению с такими равновесными процессами как внутривидовые взаимодействия (Chapin и др., 1997). Так как в агроэкосистеме нарушение равновесия происходит регулярно из-за сбора урожая, культивации или пестицидов, важность ограничений распространения увеличится, потому что многим видам придется повторно колонизировать местность после нарушения равновесия. Достоинство использования такой схемы для описания процесса формирования совокупности сообществ заключается в том, что наше понимание влияния агротехнических приемов на разнообразие можно понимать с точки зрения способа, которым управление меняет один или более фильтры, составляющие процесс формирования совокупности.

Ограничения распространения, например, оказываются под влиянием в основном структурных изменений ландшафта из-за изменений в землепользовании. Такие воздействия безусловно качественные (т.е., изменения в относительной численности разных видов) и потенциально количественные (т.е., изменения в разнообразии или общей численности). В большинстве случаев, процесс сельскохозяйственного развития приводит к увеличению пахотной площади относительно необрабатываемой площади. На местности впоследствии будут преобладать такие источники насекомых, имеющих отношение к сельскохозяйственным культурам, что на любой данной сельскохозяйственной площади будут благоприятные условия для колонизации профильных артроподов. Для артроподов общего профиля закономерен обратный эффект, если они нуждаются в ресурсах, не имеющихся на обрабатываемых территориях. Кроме того, развитие сельского хозяйства увеличивает средний размер поля, таким образом, центр поля отдаляется от источников колонизации. Часто поднимался вопрос о влиянии сопряженной растительности на тип и количество естественных врагов, обитающих на местности (Wainhouse и Coaker, 1981; Altieri и Schmidt, 1986a, 1986b; Thomas и др., 1991, 1992; Landis и др., 2000; Gurr и др., 2003), а также существуют доказательства того, что численность насекомых общего профиля и богатство видов преобладает на разнообразных ландшафтах (Carmona и Landis, 1999). Так, разнообразие и состав видов меняется из-за изменений в землепользовании посредством изменения и изоляции источников колонизации. Важно то, что мы уже знаем о биологических свойствах артроподов, таких как, рацион питания или размер тела, которые обуславливают реакцию отдельных видов на изменения в землепользовании. Если мы также сможем понять

функциональную значимость этих свойств для борьбы с вредителями, мы приблизимся к прогнозированию реакции мер борьбы с вредителями на изменения в землепользовании.

Организация сельского хозяйства оказывает существенное влияние на экологические условия на местности, второй фильтр на нашей схеме. Например, интенсификация рисоводства часто ведет к увеличению числа циклов культивирования в год. (Начиная с этого места, мы будем приводить примеры из рисоводства, потому что данная отрасль являлась одной из основных сфер наших исследований. Однако, выводы из наших идей и толкований можно, несомненно, применить и к другим системам.) Такой переход к нескольким урожаям в год позволяет насекомым специализироваться на рисовых экосистемах и продолжать обитать на местности между урожаями (Loevinsohn, 1994). Это противоречит более традиционной практике земледелия, которая предусматривает долгие периоды парования, при которых большая часть сообщества артроподов вынуждена повторно заселять местность после периода парования. Явное воздействие парового периода показано на примере сообществ насекомых, специализирующихся на рисе, в Индонезии, где динамика сообществ насекомых колеблется в широких пределах между первым и вторым урожаем (Settle и др., 1996), потому что первый урожай собирается после долгого периода парования, а второй урожай вскоре после первого.

Также как и периоды парования, инсектициды могут менять экологические ограничения, которые заставляют большую часть сообщества насекомых повторно заселяться, хотя и в меньшем масштабе времени. Неравномерные темпы повторной колонизации хищников и вредителей общего профиля после применения инсектицидов – это основная причина проблемы коричневых дельфацидов (*Nilaparvata lugens*) на обширных территориях Юго-восточной Азии (Heong, 1991; Cohen и др., 1994; Settle и др., 1996).

Организация сельского хозяйства также оказывает влияние на внутреннюю динамику сообществ, третьего фильтра на нашей схеме. Например, было доказано, что изменение в качестве пищи, вызванное внесением удобрений увеличивает численность групп вредителей и размер приносимого ими урона, а такие эффекты приписываются большему коэффициенту, быстрому росту и плодовитости видов вредителей (Ooi и Shepard, 1994). Согласно доказательствам, такие следствия имеют каскадный эффект на протяжении всей пищевой цепочки; де Кракер и др. (2000) показали, что численность травоядных и естественных врагов увеличивается после применения азотных удобрений на рисовых полях.

В добавление к изменчивости в вегетации во времени ассоциируется с циклом возделывания культур, разнообразие вегетации внутри культуры

влияет на разнообразие артроподов внутри культуры. В целом, переход от разнообразия растительности к монокультуре, что происходит из-за интенсивной борьбы с сорняками, ассоциируется с уменьшением разнообразия, но не обязательно численности разновидностей артроподов (Andow, 1991; Tonhasca и Byrne, 1994). С точки зрения качества, наличие сорняков в рисовой культуре, увеличивает численность травоядных общего профиля в сравнении с профильными насекомыми. Афун и др. (1999) показали на примере риса в Западной Африке, что численность травоядных и хищников общего профиля прямо пропорциональна биомассе сорняков, тогда как численность травоядных прямо пропорциональна биомассе риса.

Такой краткий анализ формирования совокупности сообществ в контексте экосистем показывает, как организация сельского хозяйства может влиять на каждый фильтр совокупности, обуславливающий видовое разнообразие артроподов. Предстоят сложности, если нам необходимо определить воздействие сельскохозяйственного управления на борьбу с вредителями, заключающиеся в том, что следует выяснить характеристику типичных особенностей, которые объясняют реакцию на агротехнические приемы, а также исследовать функциональное значение данных или схожих особенностей для осуществления мер по борьбе с вредителями.

Разнообразие естественных врагов и функция борьбы с вредителями

Обсудив экологическую основу исследования для изучения совокупностей сообществ артроподов в агроэкосистемах и показав как отдельные характеристики могут способствовать регулированию реакции на агротехнические приемы, мы обратимся ко второму вопросу данной главы: как разнообразие и состав видов влияют на функцию контроля вредителей.

В нескольких исследованиях были выявлены некоторые широкомасштабные модели определения реакции естественных врагов на травоядные организмы в естественных и регулируемых системах. Например, Дайер и Джентри (1999) представили доказательства того, что профильные насекомые и стадные гусеницы чешуекрылых лучше поддаются контролю паразитоидами, тогда как хищники могут лучше контролировать гладких гусениц или чинорок скриптической окраской. Аналогично, Хокинс и др. (1997) представляют данные, согласно которым хищники и патогенные организмы могут вызвать большую смертность травоядных с внешним питанием, тогда как определенные эндофитные травоядные страдают от смертности, вызванной паразитоидами. В целом, однако, наше понимание связей между биоразнообразием и деятельностью

по борьбе с вредителями и механизмов взаимодействия естественных врагов для определения степени и стабильности борьбы с вредителями еще неясны. Например, в недавнем исследовании воздействия ландшафта, разнообразия сред обитания и управления на разнообразие видов в системе злаковых, Уейбулл и др. (2003) узнали, что нет прямой связи между богатством разновидностей бегуна золотистого, жуков-хищников и пауков на уровне фермы или на отдельных злаковых полях, и биологическим регулированием. Они пришли к заключению о том, что богатство видов само по себе не так важно как высокая степень разнообразия различных групп хищников, наземных и листовых хищников, тех, что размножаются весной и летом, активны ночью или днем, для общей отдачи биологического регулирования. Иначе говоря, ключ к эффективному естественному контролю лежит в максимизации взаимодополняемости между естественными врагами разновидностей вредителей. К сожалению, наше понимание взаимодополняемости и факторов, определяющих эмергентные свойства многовидовых совокупностей хищников ограничено (Schmidt и др., 2003). Хотя есть доказательства разбиения ниш в разрезе микросред обитания и функциональной взаимодополняемости между разновидностями пауков (Sunderland, 1999), например, в нескольких других исследованиях показали значительную степень взаимодополняемости между естественными врагами (Snyder и Wise, 1999). Аналогично, хотя примеры синергетических взаимодействий между хищниками существуют (например, листовые хищники вызывают у тли реакцию в виде выделения экскрементов, что повышает их уязвимость для наземных хищников; Losey и Denno, 1998), процессы, такие как межгрупповое хищничество, могут нарушить равновесие биологического регулирования (Rosenheim и др., 1995; Snyder и Ives, 2001; Finke и Denno, 2004).

Учитывая типы комплексности, изложенные здесь, мы считаем, что целесообразно более детально исследовать экологические факторы, определяющие степень взаимодополняемости между естественными врагами и характером связей между биоразнообразием и функционированием экосистем. Принимая во внимание то, что гипотетическая насыщающая положительная связь между разнообразием и функционированием экосистемы, схожа со связью, часто встречающейся в эмпирических исследованиях, где угол связи зависит от степени взаимодополняемости между видами (рис. 10.3). Если все виды имеют равное и неперекрывающее влияние на отдельный процесс (совершенная взаимодополняемость), тогда проявится линейное уменьшение в степени процесса по мере уменьшения богатства видов. Другая крайность – это если отсутствует взаимодополняемость (число видов излишне в отношении рассматриваемой функции [Walker, 1992; Lawton и Brown,

1993]), тогда остальные виды смогли бы компенсировать исчезновение видов, а внезапное и полное исчезновение функций наступит в момент исчезновения последнего функционального вида. Помимо формы связей между средней нормой функции и разнообразием, было показано ранее, что видовой состав часто играет значительную роль в определении нормы функции. Влияние видового состава увеличивает расхождение в связях между богатством видов и нормой процесса. В крайних случаях, когда единственный вид в основном влияет на норму процесса в сравнении с другими видами (например, ключевой вид), связь, за которой ведется наблюдение, может принять любую траекторию в широком диапазоне реакции в зависимости от порядка исчезновения видов (Sala и др., 1996).

Если имеют место случаи ощутимых отрицательных зависимостей между видами, например, межгрупповое хищничество, функционирование может даже повыситься по мере сокращения богатства видов. В таком случае существенного влияния состава видов, богатство видов не подходит для определения нормы процесса, поэтому будет необходимо дальнейшее изучение

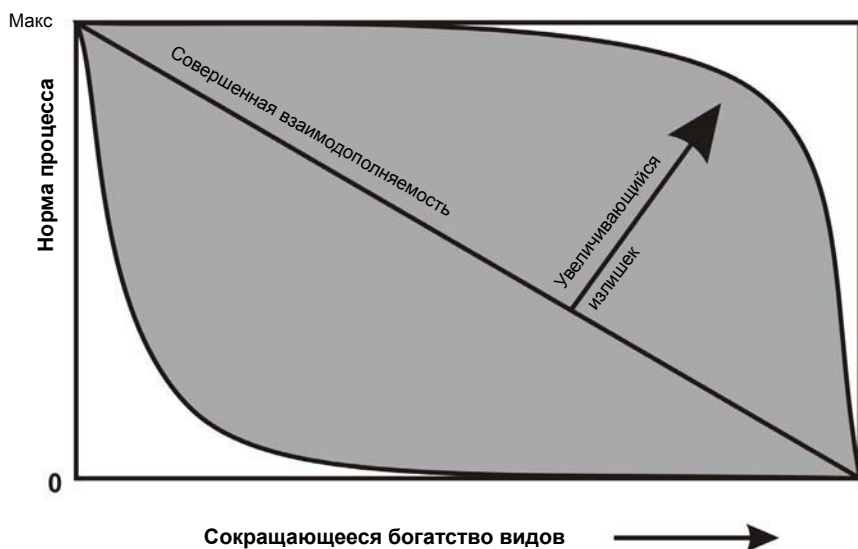


РИСУНОК 10.3. Гипотетическая реакция функции экосистемы на уменьшение богатства (разнообразия) видов. Если биологические виды функционируют в изгибе, тогда реакция стремится к пороговой реакции, в которой значительные сокращения функций имеют место только при достижении порога. Если виды действуют взаимодополняющим образом, где каждому виду отведена неперекрывающаяся роль, тогда реакция стремится к линейной функции, с постепенным снижением числа функций по мере того, как исчезают виды. Если отдельный вид имеет большое значение, тогда реакция может иметь широкий диапазон траекторий (представленных закрашенной областью) в зависимости от порядка исчезновения видов.

различий характеристик между видами. В отношении борьбы с вредителями, согласно последним сведениям иногда можно пользоваться биологическим циклом характеристик рассматриваемых видов для определения формы связей между биоразнообразием и функционированием экосистем и вероятности появления ощутимых эффектов (высокий уровень дисперсии реакций) видового состава (Wilby и Thomas, 2002b).

Например, существенные различия в жизненном цикле насекомых, такие как то, являются ли они насекомыми с полным или неполным превращением, могут ли оказывать значительное влияние на число и разнообразие их естественных врагов (Wilby и Thomas, 2002b). Насекомые с полным превращением подвергаются значительным морфологическим и поведенческим изменениям на стадиях яйца, личинки, куколки и взрослого насекомого, и очень часто насекомые в этих жизненных стадиях играют разные экологические роли, в связи с тем, что они употребляют разную пищу и живут в разных местах. И наоборот, насекомые с неполным превращением подвергаются постепенным изменениям между различными жизненными стадиями, и часто живут на одной и той же территории и едят одну и ту же пищу. Вследствие этих различий мы ожидаем различий в структуре связей между этими типами насекомых и их естественных врагов. Естественных врагов насекомых с полным превращением следует в основном разделить на группы, нападающие на насекомых в определенные стадии развития травоядных насекомых; большинство врагов, которые питаются взрослыми насекомыми, не будут также нападать на личинки или куколки. Существуют доказательства того, что это верно и для некоторых насекомых с полным превращением (например, Baglion и др., 1991; Mills, 1994; Luna и Sánchez, 1999). Однако, из-за сходства в занимаемой территории и поведении, естественные враги насекомых с неполным превращением питаются как личинками, так и взрослыми насекомыми. Из-за структуры жизненного цикла, должна существовать большая взаимодополняемость между видами естественных врагов насекомых с полным превращением, чем между теми видами, которые питаются насекомыми с неполным превращением. Модельные исследования показали, что большая степень взаимодополняемости между естественными врагами насекомых с полным превращением может привести к постепенному снижению контроля за сельскохозяйственными вредителями при уменьшении разнообразия видов их естественных врагов, в то время как контроль за насекомыми с неполным превращением будет более устойчивым, и резкая потеря его произойдет при значительном снижении разнообразия их естественных врагов. Эти предположения подтвердились при нападениях насекомых-вредителей во время интенсификации азиатских систем производства риса (Wilby и Thomas, 2002b).

Другие аспекты жизненного цикла травоядных насекомых могут оказывать влияние на разнообразие или характеристики комплекса их естественных врагов в контексте функции борьбы с насекомыми-вредителями. Например, морфологическая или поведенческая маскировка создает тесную связь динамики популяций травоядных насекомых и их естественных врагов. Так, в случае с маскирующимися насекомыми паразитирующие на них виды более важны, чем хищники в целом (Memmott и др, 2000), хотя маскирующееся насекомое может подвергаться нападениям большего числа видов из общего списка паразитов, чем тех видов, которые паразитируют на определенном виде хозяина (Hawkins, 1990; Hawkins и Gross, 1992). По существу, тесные связи между естественными врагами, нападающими на определенный вид насекомых, и насекомыми вредителями усиливают важность видового состава, а также неуверенность в последствиях исчезновения одного из видов. Продолжительность жизни травоядных насекомых также может оказывать важное влияние на разнообразие и характеристики комплекса естественных врагов. Чем короче жизненный цикл травоядного насекомого, тем меньше число видов естественных врагов, фенологически пересекающихся с этим насекомым. Было доказано, что это влияет на разнообразие видов паразитов, поражающих травоядных насекомых (Cornell и Hawkins, 1993). Следовательно, борьба с насекомыми-вредителями с коротким жизненным циклом должна зависеть от группы естественных врагов с меньшей избыточностью, либо в течение всего жизненного цикла в случае с насекомыми с неполным превращением, либо в течение разных стадий жизненного цикла – в случае с насекомыми с полным превращением. В любом случае, интенсивность борьбы с насекомыми с короткой продолжительностью жизни должна уменьшаться быстрее, обычно в связи с исчезновением определенных видов естественных врагов.

Эти примеры доказывают, что основные характеристики жизненного цикла данных организмов могут привести к различным предположениям об относительной важности разнообразия и видового состава при определении функционирования борьбы с вредителями. Это позволяет нам перейти от споров о том, является ли видовой состав или разнообразие наиболее важным свойством комплекса естественных врагов, к моменту, когда мы можем предсказать, с какими типами вредителей можно бороться при помощи определенных видов естественных врагов, а также с какими вредителями лучше бороться при помощи разнообразного состава естественных врагов. Чтобы понять, как управление сельским хозяйством может повлиять на появление вредителей, необходимо объединить данную информацию с нашим предыдущим обсуждением семейства членистоногих в агроэкосистемах.

Нашествие вредителей и управление агроэкосистемой

Как может объединение двух экологических структур помочь нам предсказать естественное функционирование борьбы с вредителями в результате применения различных типов управления агроэкосистемой? При борьбе с маскирующимися насекомыми с неполным превращением, такими как цикадка (Delphacidae) и кобылочка (Cicadellidae), мы можем предположить, что интенсивность борьбы при помощи естественных врагов не будет зависеть от исчезновения отдельных видов врагов. Однако, определенные методы управления, такие как применение инсектицидов, оказывают сильное влияние на разнообразие естественных врагов и могут привести к потере действенности комплекса естественных врагов. Данный эффект может быть рассмотрен на примере хорошо изученного случая коричневой цикадки (*Nilaparvata lugens*) в азиатских экосистемах орошаемого рисоводства. Борьба с *Nilaparvata lugens* при помощи естественных врагов обычно дает хорошие результаты, но после применения инсектицидов заражение этим вредителем часто повторяется (Kenmore и др., 1984; Neong, 1991). Механизм данного феномена хорошо изучен и, похоже, что почти полное исчезновение хищников, питающихся насекомыми падальщиками в те периоды, когда уменьшается число *N. lugens*, является причиной того, что *N. lugens* распространяется в качестве сельскохозяйственного вредителя (Settle и др., 1996). Борьба с *N. lugens* может не дать достаточных результатов частично вследствие того, что она устойчива к применению инсектицидов, имеет широкий диапазон распространения и может быстро реколонизировать рисовые поля, а также имеет высокий темп роста популяции (Heinrichs и Mochida, 1984). Борьбе с *N. lugens* препятствует сочетание того, что она имеет способность широкого распространения, не реагирует на экологические и биологические факторы и с большей эффективностью уничтожается естественными врагами. Таким образом, эффективность борьбы может быть достигнута путем применения инсектицидов и обеспечения хищников альтернативными источниками пищи в периоды, когда популяция насекомых уменьшается.

Эффективность борьбы с *endopteran* (научное название насекомого) травоядными насекомыми должна зависеть от уменьшения разнообразия видов естественных врагов. Появления *endopteran* вредителей на ранних этапах интенсификации риса можно избежать, если будет обеспечено разнообразие естественных врагов. Как было отмечено ранее, существует большое количество литературы, посвященной воздействию необработанных земель на численность и разнообразие естественных врагов. С точки зрения нашей работы необработанные земли, прилежащие к засеянным, уменьшают

негативное воздействие на разнообразие видов естественных врагов, которые проводят часть своего жизненного цикла вне засеянного участка. В то же время, близость засеянных участков увеличивает возможность колонизации насекомыми, живущими именно в этой среде. Конечно, это означает также и появление травоядных видов, но мы отталкиваемся от предположения, что обычно появление вредителей влечет за собой ослабление борьбы при помощи естественных врагов и, поэтому колонизация возможными видами вредителей вряд ли будет представлять проблему, если только нет препятствий колонизации их естественными врагами.

Для определения возможного воздействия управления на данные виды или комплексы естественных врагов в случае маскирующихся травоядных насекомых, необходимо более детальное применение нашей сборной модели. Маскирующиеся травоядные насекомые чаще подвергаются атакам паразитов, а не хищников, и это имеет ряд последствий для устойчивости функциональности комплекса естественных врагов. Паразиты обычно более специфичны, чем хищники, и поэтому они сильнее зависят от количества видов хозяев. В случае с видами, нападающими на определенный вид жертвы, неизбежна задержка между моментами увеличения численности хозяев, как, например, при появлении вредителей и их естественных врагов. Это увеличивает вероятность того, что численность вредителей достигнет угрожающих размеров до того, как их размножение будет остановлено при помощи естественных врагов. Поэтому, поддержание стабильной динамики паразит-хозяин является важной целью управления. Это может повлечь за собой обеспечение дополнительной пищи для паразитов, такой как нектар сорных растений на засеянных участках или рядом с ними (ослабление биологических ограничений), изменения в управлении землей под паром для поддержания популяции паразитов в периоды, когда участок не засеивается (ослабление экологических ограничений), а также организацию ландшафта (небольшой размер полей, неравномерность циклов выращивания культур и применение пестицидов) для обеспечения источников местной колонизации (ослабление ограничений распространения). Последнее особенно важно в случае с насекомыми, обитающими только в определенной среде, которые, как известно, более чувствительны к фрагментации среды обитания из-за их положения в пищевой цепочке, а также размера тела (Tscharnkte и Brandl, 2004).

В качестве альтернативного или дополнительного метода можно обеспечить присутствие комплекса естественных врагов более общего характера или использовать виды растений, обладающих устойчивостью к данным видам вредителей (Thomas, 1999), что может замедлить рост популяции (в основном

способствуя дополнительной смертности, независимой от плотности), что позволит основным видам паразитов развиваться на более ранней стадии популяционного цикла вредителя. Данный подход, например, рассматривался в отношении борьбы с Африканской рисовой галлицей (*Orseolia oryzivora*), когда, были известны два основных вида паразитов, значительно уменьшающих численность галлицы, но этот эффект достигался слишком поздно для того, чтобы предотвратить экономические убытки (F.Nwilene, личный комментарий, 2002). Интересно, что эта вспомогательная роль естественных врагов увеличивает важность разнообразия естественных врагов в системе в целом, даже, несмотря на то, что регуляция популяции вредителей может зависеть всего лишь от нескольких видов. Это подтверждает важность структурного экологического понимания в соответствующем контексте для системы, в которой они применяются (в данном случае экономический контекст борьбы с вредителями, а не обязательно контекст популяционной динамики).

Заключение

Подобное применение экологических теорий объединения и функционирования биоразнообразия в отношении взаимодействия вредителей с их естественными врагами привело к развитию ряда гипотез, касающихся воздействия борьбы с вредителями на управление агроэкосистемой. Оценка упрощённых пищевых сетей помогает сформулировать прогнозы того, как вредители с определёнными признаками будут реагировать на уменьшение природного разнообразия их естественных врагов. Наш анализ предполагает, что в отношении насекомых, борьба с которыми введётся, в основном, врагами-генералистами, будет достигнут предельный уровень борьбы или постепенное уменьшение борьбы по мере сокращения разнообразия естественных врагов. В отношении данных видов, методы борьбы, призванные поддерживать разнообразие естественных врагов путём модификации биологических, экологических, а также динамических факторов сдерживания могут быть достаточными для предотвращения появления вредителей. С другой стороны, у травоядных насекомых, контролируемых естественными врагами-“специалистами” может проявиться непредсказуемая реакция на уменьшение разнообразия естественных врагов. В данном случае, понимание процессов рассеивания и колонизации насекомых и их естественных врагов крайне необходимо для прогнозирования реакции на уменьшение разнообразия естественных врагов. В настоящий момент, биологическая генерализация природных врагов-“специалистов” позволяет нам спрогнозировать последствия сельскохозяйственного управления, исходя

из динамических (дисперсных), экологических, а также биотических факторов, которые обуславливают их большое количество.

По нашему мнению, только путём объединения экологических процессов компоновки и функционирования биоразнообразия, мы сможем дать полный ответ на вопросы о возможном влиянии человеческой деятельности на экосистему с учётом фактора биоразнообразия. Мы продемонстрировали, как определённые признаки тех или иных видов могут обуславливать их реакцию на изменения экосистемы, вызванные деятельностью человека, а также их функциональных характеристик. Хотя мы ограничили нашу дискуссию вопросами борьбы с вредителями, мы уверены, что похожие подходы, могут помочь в разработке более точных прогнозов управленческого воздействия на другие процессы экосистемы. Изучение биологических характеристик и особенностей процессов, протекающих в экосистеме и участвующих в ней организмов, может позволить нам отойти от споров по поводу того, какое из воздействий, разнообразие или состав, больше влияют на прогноз относительно обстоятельств, которые приводят к доминированию воздействий состава или разнообразия.

Выражение признательности

Данная глава, является результатом исследовательского проекта, финансируемого Отделом Международного Развития Великобритании (dfid) во благо развивающихся стран (R7570 Исследовательская Программа по защите Сельскохозяйственных Культур). Высказанные мнения могут не совпадать с мнением dfid.

Литература

- Afun, J. V. K., D. E. Johnson, and A. Russell-Smith. 1999. Weeds and natural enemy regulation of insect pests in upland rice: A case study from West Africa. *Bulletin of Entomological Research* 89:391–402.
- Altieri, M. A. 1991. Increasing biodiversity to improve insect pest management in agroecosystems. In D. Hawksworth, ed., *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Wallingford, uk: cab International.
- Altieri, M. A. and L. L. Schmidt. 1986a. Cover crops affect insect and spider populations in apple orchards. *California Agriculture* 40:15–17.
- Altieri, M. A. and L. L. Schmidt. 1986b. The dynamics of colonizing arthropod communities at the interface of abandoned, organic and commercial apple orchards and adjacent woodland habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 16:29–43.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561–586.

- Barrion, A. T., J. A. Litsinger, E. B. Medina, R. M. Aguda, J. P. Bandong, P. C. Pan-tua Jr., V. D. Viajante, C. G. de la Cruz, C. R. Vega, J. S. Soriano Jr., E. E. Camañg, R. C. Saxena, E. H. Tyron, and B. M. Shepard. 1991. The rice *Cnapha-locricis* and *Marasmia* (Lepidoptera: Pyralidae) leafroller complexes in the Philippines: Taxonomy, bionomics and control. *Philippines Entomologist* 8:987–1074.
- Belyea, L. R. and J. Lancaster. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos* 86:402–416.
- Carmona, D. M. and D. A. Landis. 1999. Influence of refuge habitats and cover crops on seasonal activity- density of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in field crops. *Environmental Entomology* 28:1145–1153.
- Chapin, F. S., B. H. Walker, R. J. Hobbs, D. U. Hooper, J. H. Lawton, O. E. Sala, and D. Tilman. 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science* 277:500–504.
- Cohen, J. E., K. Schoenly, K. L. Heong, H. Justo, G. Arida, A. T. Barrion, and J. A. Litsinger. 1994. A food- web approach to evaluating the effect of insecticide spraying on insect pest population-dynamics in a Philippine irrigated rice ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 31:747–763.
- Cornell, H. V. and B. A. Hawkins. 1993. Accumulation of native parasitoid species on introduced herbivores: A comparison of hosts as natives and hosts as invaders. *American Naturalist* 141:847–865.
- de Kraker, J., R. Rabbinge, A. van Huis, J. C. van Lenteren, and K. L. Heong. 2000. Impact of nitrogenous-fertilization on the population dynamics and natural control of rice leafrollers (Lep.: Pyralidae). *International Journal of Pest Management* 46:219–224.
- Dyer, L. A. and G. Gentry. 1999. Predicting natural- enemy responses to herbivores in natural and managed systems. *Ecological Applications* 9:402–408.
- Finke, D. L. and R. F. Denno. 2004. Predator diversity dampens trophic cascades. *Nature* 429:407–410.
- Fridley, J. D. 2001. The influence of species diversity on ecosystem productivity: How, where, and why? *Oikos* 93:514–526.
- Ghilarov, A. M. 2000. Ecosystem functioning and intrinsic value of biodiversity. *Oikos* 90:408–412.
- Gurr, G. M., S. D. Wratten, and J. M. Luna. 2003. Multi-function agricultural biodiversity: Pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology* 4:107–116.
- Hawkins, B. A. 1990. Global patterns of parasitoid assemblage size. *Journal of Animal Ecology* 59:57–72.
- Hawkins, B. A., H. V. Cornell, and M. E. Hochberg. 1997. Predators, parasitoids, and pathogens as mortality agents in phytophagous insect populations. *Ecology* 78:2145–2152.
- Hawkins, B. A. and P. Gross. 1992. Species richness and population limitation in insect parasitoid–host systems. *American Naturalist* 139:417–423.
- Heinrichs, E. A. and O. Mochida. 1984. From secondary to major pest status: The case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resurgence. *Protection Ecology* 1:201–218.
- Heong, K. L. 1991. Management of the brown planthopper in the Tropics. In *Migration and Dispersal of Agricultural Insects*, 269–279, Tsukuba, Japan, September 25–28, 1991.
- Hooper, D. U. 1998. The role of complementarity and competition in ecosystem responses to variation in plant density. *Ecology* 79:704–719.
- Horn, D. J. 1988. *Ecological Approach to Pest Management*. New York: Guilford.
- Huston, M. A. 1997. Hidden treatments in ecological experiments: Re- evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia* 110:449–460.
- Keddy, P. A. 1992. Assembly and response rules: Two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 3:157–164.
- Kelt, D. A., M. L. Taper, and P. L. Meserve. 1995. Assessing the impact of competition on community assembly: A case- study using small mammals. *Ecology* 76: 1283–1296.
- Kenmore, P. E., F. O. Cariño, C. A. Perez, V. A. Dyck, and A. P. Gutierrez. 1984. Population regulation of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) within rice fields in the Philippines. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1:19–37.

- Knops, J. M. H., D. Tilman, N. M. Haddad, S. Naeem, C. E. Mitchell, J. Haarstad, M. E. Ritchie, K. M. Howe, P. B. Reich, E. Siemann, and J. Groth. 1999. Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecology Letters* 2:286–293.
- Kruess, A. and T. Tschamntke. 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264:1581–1584.
- Landis, D. A., S. D. Wratten, and G. M. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45:175–201.
- Lawton, J. H. and V. K. Brown. 1993. Redundancy in ecosystems. In E. D. Schulze and H. A. Mooney, eds., *Biodiversity and Ecosystem Function*, 255–270. Berlin: Springer-Verlag.
- Letourneau, D. K. and B. Goldstein. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology* 38:557–570.
- Loevinsohn, M. E. 1994. Rice pests and agricultural environments. In E. A. Heinrichs, ed., *Biology and Management of Rice Insects*, 487–513. New Delhi: Wiley Eastern.
- Loreau, M. and A. Hector. 2001. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature* 412:72–76.
- Loosey, J. E. and R. F. Denno. 1998. Positive predator–predator interactions: Enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology* 79:2143–2152.
- Luna, M. and N. Sánchez. 1999. Parasitoid assemblages of soybean defoliator Lepidoptera in north-western Buenos Aires province, Argentina. *Agricultural and Forest Entomology* 1:255–260.
- Mommott, J., N. D. Martinez, and J. E. Cohen. 2000. Predators, parasites and pathogens: Species richness, trophic generality and body sizes in a natural food web. *Journal of Applied Ecology* 69:1–15.
- Menalled, F. D., P. C. Marino, S. H. Gage, and D. A. Landis. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecological Applications* 9:634–641.
- Mills, N. J. 1994. Parasitoid guilds: Defining the structure of the parasitoid communities of endopterygote insect hosts. *Environmental Entomology* 23:1066–1083.
- Mooney, H., J. Lubchenco, R. Dirzo, and O. Sala. 1995a. Biodiversity and ecosystem functioning: Basic principles. In V. Heywood, ed., *Global Biodiversity Assessment*, 279–323. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mooney, H., J. Lubchenco, R. Dirzo, and O. Sala. 1995b. Biodiversity and ecosystem functioning: Ecosystem analyses. In V. Heywood, ed., *Global Biodiversity Assessment*, 347–452. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Naeem, S. 2000. Reply to Wardle et al. *Bulletin of the Ecological Society of America* 81:241–246.
- Naeem, S., F. S. Chapin III, R. Costanza, P. R. Ehrlich, F. B. Golley, D. U. Hooper, J. H. Lawton, R. V. O'Neill, H. A. Mooney, O. E. Sala, A. J. Symstad, and D. Tilman. 1999. Biodiversity and ecosystem functioning: Maintaining natural life support processes. Ecological Society of America. *Issues in Ecology* 4:1–12.
- Naeem, S. and S. B. Li. 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390:507–509.
- Naylor, R. L. and P. R. Ehrlich. 1997. Natural pest control services and agriculture. In G. C. Daily, ed., *Nature's Services*, 151–174. Washington, DC: Island Press.
- Ooi, P. A. C. and B. M. Shepard. 1994. Predators and parasitoids of rice insect pests. In E. A. Heinrichs, ed., *Biology and Management of Rice Insects*, 586–612. New Delhi: Wiley Eastern.
- Petchey, O. L., P. T. McPhearson, T. M. Casey, and P. J. Morin. 1999. Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402:69–72.
- Pimentel, D. 1961. Species diversity and insect populations outbreaks. *Annals of the Entomological Society of America* 54:76–86.
- Rosenheim, J. A., H. K. Kaya, L. E. Ehler, J. J. Marois, and B. A. Jaffee. 1995. Intra-guild predation among biological-control agents: Theory and evidence. *Biological Control* 5:303–335.
- Sala, O. E., W. K. Lauenroth, S. J. McNaughton, G. Rusch, and X. Zhang. 1996. Biodiversity and ecosystem functioning in grasslands. In H. A. Mooney, J. H. Cushman, E. Medina, O. E. Sala, and E. D. Schulze, eds., *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*, 129–149. New York:

Wiley.

- Schläpfer, F., B. Schmid, and I. Seidl. 1999. Expert estimates about effects of biodiversity on ecosystem processes and services. *Oikos* 84:346–352.
- Schmidt, M. H., A. Lauer, T. Purtauf, C. Thies, M. Schaefer, and T. Tschamtkke. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 270:1905–1909.
- Schwartz, M. W., C. A. Bringham, J. D. Hoeksema, K. G. Lyons, M. H. Mills, and P. J. van Mantgem. 2000. Linking biodiversity to ecosystem function: Implications for conservation ecology. *Oecologia* 122:297–305.
- Settle, W. H., H. Ariawan, E. T. Astruti, W. Cahyana, A. L. Hakim, D. Hindayana, A. S. Lestari, and P. Sartanto. 1996. Managing tropical pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology* 77:1975–1988.
- Snyder, W. E. and A. R. Ives. 2001. Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. *Ecology* 82:705–716.
- Snyder, W. E. and D. H. Wise. 1999. Predator interference and the establishment of generalist predator populations for biocontrol. *Biological Control* 15:283–292.
- Sunderland, K. 1999. Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. *Journal of Arachnology* 27:308–316.
- Swift, M. J., J. Vandermeer, P. S. Ramakrishnan, J. M. Anderson, C. K. Ong, and B. A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. In H. A. Mooney, J. H. Cushman, E. Medina, O. E. Sala, and E. D. Schulze, eds., *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*, 261–297. New York: Wiley.
- Thies, C. and T. Tschamtkke. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285:893–895.
- Thomas, M. B. 1999. Ecological approaches and development of “truly integrated” pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 96:5944–5951.
- Thomas, M. B., S. D. Wratten, and N. W. Sotherton. 1991. Creation of island habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: Predator densities and emigration. *Journal of Applied Ecology* 28:906–917.
- Thomas, M. B., S. D. Wratten, and N. W. Sotherton. 1992. Creation of island habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: Predator densities and species composition. *Journal of Applied Ecology* 29:524–531.
- Tilman, D., C. L. Lehman, and K. T. Thomson. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 94:1857–1861.
- Tonhasca, A. and D. N. Byrne. 1994. The effects of crop diversification on herbivorous insects: A meta-analysis approach. *Ecological Entomology* 19:239–244.
- Tschamtkke, T. and R. Brandl. 2004. Plant–insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology* 49:405–430.
- Wainhouse, D. and T. H. Coaker. 1981. The distribution of carrot fly (*Psila rosae*) in relation to the fauna of field boundaries. In J. M. Thresh, ed., *Pests, Pathogens and Vegetation: The Role of Weeds and Wild Plants in the Ecology of Crop Pests and Diseases*, 263–272. London: Pitman.
- Walker, B. H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6:18–23.
- Wardle, D. A. 1999. Is “sampling effect” a problem for experiments investigating biodiversity–ecosystem function relationships? *Oikos* 87:403–407.
- Wardle, D. A., M. A. Huston, J. P. Grime, F. Berendse, E. Garnier, W. K. Lauenroth, H. Setälä, and S. D. Wilson. 2000. Biodiversity and ecosystem function: An issue in ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America* 81:235–239.
- Weibull, A. C., O. Östman, and A. Granqvist. 2003. Species richness in agroecosystems: The effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* 12:1335–1355.

- Wellnitz, T. and N. Poff. 2001. Functional redundancy in heterogeneous environments: Implications for conservation. *Ecology Letters* 4:177–179.
- Wilby, A. and M. B. Thomas. 2002a. Are the ecological concepts of assembly and function of biodiversity useful frameworks for understanding natural pest control? *Agricultural and Forest Entomology* 4:237–243.
- Wilby, A. and M. B. Thomas. 2002b. Natural enemy diversity and natural pest control: Patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters* 5:353–360.
- Yachi, S. and M. Loreau. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 96:1463–1468.

Д.И. ДЖАРВИС, А.Х.Д. БРАУН, В. ИМБРИУС, ДЖ. ОЧОА, М. САДИКИ
Е. КАРАМУРА, П. ТРУТМАНН И М.Р. ФИНКХ

На протяжении тысячелетий, крестьяне сталкивались со вспышками заболеваний и вредителей, которые угрожали существованию их посевов и благосостоянию. Их наследие, в виде одомашненных сортов или местных сортов, чрезвычайно разнообразно как внутри отдельной популяции, так и межпопуляционно. Возникает естественный вопрос, дало ли фермерам поддержание разнообразия в условиях хозяйств, особенно когда речь идёт о генах, влияющих на взаимодействие “хозяин-возбудитель заболевания”, эффективную стратегию борьбы против болезней или, напротив, появились ли возможности для эволюции разнообразия популяций возбудителей болезней. Другим словами, является ли генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур выгодным, с точки зрения уменьшения заболеваний в процессе времени, либо представляет опасность с точки зрения создания условий для появления “высших рас” среди патогенов?

Две спорные гипотезы обозначил основную проблему, которую необходимо решить для грамотного управления генетическим разнообразием в условиях хозяйств. Их можно толковать с точки зрения того, должен ли фермер полагаться на разнообразие высаживаемых культур, достигнутое в результате комбинации генотипов, отличающихся по структуре устойчивости,¹ или высаживать монокультуру одного сорта², который защищён одной формой устойчивости.

Согласно *гипотезе выгод разнообразия*, разнообразная генетическая основа устойчивости к заболеваниям выгодна для фермера, так как она предоставляет возможности для более стабильного сопротивления заболеваниям, чем монокультуры. Этот вывод был сделан на основе теории и практики, показывающих как быстро устойчивость монокультур к заболеваниям может исчезнуть и вся популяция погибнуть. Для того, чтобы на генетически разнообразном поле имел место такой урон, связанный с подавлением устойчивости к заболеваниям, потребуются воздействия различных типов, что намного маловероятно.

Напротив, *гипотеза угроз разнообразия* утверждает, что монокультура

сорта, который несет в себе мультигенетическую или даже комбинированную форму нескольких генетически различных типов устойчивости главного гена, является лучшей, более стабильной альтернативой, так как она препятствует размножению болезнетворных микроорганизмов. При этом вероятность двойной или множественной мутации, необходимой для подавления устойчивости, должна быть чрезвычайно мала. Согласно этой гипотезе, смешанная популяция растений, которая имеет генотипы, различающиеся устойчивостью к разным болезнетворным микроорганизмам, приведет к размножению различных популяций и возможному появлению новых болезнетворных микроорганизмов после однократной мутации или рекомбинации. Ведутся большие споры по поводу теории, стоящей за этими утверждениями (Mundt, 1990, 1991; Kolmer и др., 1991), и в настоящее время трудно установить экспериментально, насколько велика угроза от возникновения таких мутантов. В этой главе мы рассматриваем факты, говорящие о том, что разнообразие местных культурных сортов снижает генетическую чувствительность к болезнетворным микроорганизмам. Основной целью такого исследования является определение того, когда и как использование местных сортов и генотипов растений приносит пользу в борьбе фермеров с вредителями и болезнями. Мы обсудим то, какой тип исследования необходимо провести для того, чтобы определить, какая из двух гипотез верна, и каково должно быть оптимальное использование разнообразия для борьбы с болезнетворными организмами. Наконец, мы хотим отметить, что фермер находится в центре треугольника растение-хозяин – болезнетворный микроорганизм – окружающая среда, и что местные культурные сорта (местные сорта), используемые в низкочастотных сельскохозяйственных системах, являются источниками генетических отклонений, происходящих вследствие динамического взаимодействия между растением, вредителем, окружающей средой и фермером.

Генетическая уязвимость и генетическое однообразие

В 1930-х годах ученые, занимающиеся вопросами сельского хозяйства, признали потенциальную опасность засеивания больших площадей земли одним, или одинаковыми культурными сортами растений (Marshall, 1977). Этот феномен известен, как повышенная генетическая уязвимость, так как он увеличивает риск возникновения эпидемий.³ Ожидаемое снижение уязвимости, вызываемое генетически однородной посадкой согласуется с гипотезой о пользе разнообразия. С другой стороны, производительность сильно страдает по причине различных заболеваний, особенно в развивающихся странах.

Большая часть 30% ежегодной потери урожая, вызванной заболеваниями и вредителями, происходит в развивающихся странах (Oerke и др., 1994). Проще говоря, гипотеза опасности разнообразия прогнозирует, что традиционные сорта предрасположены к таким потерям и объясняет, почему заболевания наносят такой урон в развивающихся странах. Однако, применение в традиционных системах неверных или ограниченных стратегий использования гена устойчивости, которые не принимают во внимание экологические и агроэкономические преграды, могут лежать в основе таких обобщений.

Дефицит картофеля в Ирландии, вызванный патогеном фитофтороза (*Phytophthora infestans*), в 1840-х является ярким примером генетической уязвимости, сопровождающей генетическое однообразие и ведущей к крупномасштабным потерям посевов (Schumann, 1991). Другим примером может служить эпидемия ржавчины на плантациях сахарного тростника (вызванной *Puccinia melanocephala*) в 1979-1980 годах, когда одним сортом было засажено 40% всех отведенных под сахарный тростник земель, что привело к убыткам в 500 миллионов долларов США (ФАО, 1998:32). Глазковая пятнистость листьев кукурузы (вызванная *Cochliobolus carbonum*) привела в 1970-х годах в США к гибели посевов кукурузы на 1 миллиард долларов (Ullstrup, 1972). Восприимчивость пяти основных коммерческих сортов бананов к грибковому заболеванию черная сигатока (вызываемому *Mycosphaerella fi jiensis*) привела в Центральноамериканских странах к потере около 47% урожая бананов (ФАО, 1998). Хотя имеются меры по борьбе с данным заболеванием, их применение в течение восьми лет стоило Центральной Америке, Колумбии и Мексике 350 миллионов долларов США и привело к серьезным проблемам со здоровьем у людей в связи с использованием пестицидов. Вирус мозаики, поражающий маниоку, приводит к потере до 40% урожая в некоторых частях Африки, где большая часть населения зависит от маниоки, как важного продукта питания (Otim-Nape и Thresh, 1998). Большая часть выращиваемых в мире клонов каучука получены в результате скрещиваний, основанных на очень ограниченном количестве генетических вариаций (Oldfield, 1989). Известны случаи уничтожения плантаций каучука в Южной Америке южноамериканской пятнистостью листьев, вызываемой *Microcycluslei*, которая до сих пор остается главным препятствием развития производства каучука вследствие высокой изменчивости пятнистости листьев (Rivano, 1997). Настоящую угрозу пятнистость листьев каучуковых деревьев представляет в Азии, где производится 90% каучука. В настоящее время этот регион свободен от данного заболевания, но считается что клоны очень к нему восприимчивы (Compagnon, 1998; Kennedy и Lucks 1999).

Большой урон наносит появление новых видов насекомых вредителей и

Вставка 11.1 Использование новых устойчивых сортов и изменения в патогенности в Эквадоре

В Эквадоре была прослежена эволюция патогенов желтой ржавчины пшеницы, ложной мучнистой росы квиноа, ржавчины бобовых и антракнозы.

Структура популяции патогена желтой ржавчины (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) была очень простой в 1970-х годах и включала в себя часть невирулентную для всех культурных сортов, использующихся для характеристики вида (INIA, 1974). В исследовании 1991 года Очоа и др. (1998) установили наличие вирулентности к генам устойчивости к желтой ржавчине (Yr1, Yr2, Yr3, Yr6, Yr7, YrA). После этого в Эквадорской популяции была обнаружена вирулентность к Yr9 и другим генам. В настоящее время для болезнетворных микроорганизмов не представляет препятствий ни один из генов устойчивости, имеющихся в распоряжении селекционеров.

Селекция квиноа, основанная на линейном отборе началась в начале 1980-х годов и продолжалась до начала 1990-х. Местная и привезенная из Перу и Боливии идиограмма была протестирована в нескольких местах, и были выведены четыре культурных сорта: Кочаскуи (Cochasqui), Имбая (Imbaya), Тункахуан (Tunkahuan) и Ингапирка (Ingapirca). При проведении данной программы главным критерием было наличие устойчивости к ложной мучнистой росе *Peronospora farinosa* особой формой *Chenopodii*. В результате изучения популяционной структуры *P. farinose* в 1994-1995 г были обнаружены четыре группы болезнетворных микроорганизмов, по всей видимости, имеющих последовательные пошаговые различия в вирулентности. Авирулентный изолят (группы V1) был обнаружен только один раз в местном сорте в Отавало. Такие авирулентные изоляты, возможно, чаще встречались в более ранней системе выращивания квиноа, до того как была произведена селекция. Сорт Имбая несет в себе фактор устойчивости R1, сорт Ингапирка – фактор устойчивости R2 (Перуанское и Боливийское происхождение), а у наиболее поздно выведенного сорта Тункахуан отсутствует какой-либо фактор устойчивости. Фактор устойчивости R1 чаще встречается у местных сортов, а R3 – у более прогрессивных линий. Проверка идиограммы на наличие устойчивости к патогенным изолятам в группе V4 в настоящее время не дала положительных результатов (Ochoa и др., 1999).

В течение этого короткого селекционного периода произошла быстрая эволюция патосистемы ложной мучнистой росы квиноа. Полагается, что изоляты низкой вирулентности, которые кажутся менее агрессивными и менее сложными, были более распространены в традиционных агроэкосистемах. Напротив, вирулентные изоляты чаще встречаются у современной квиноа, возможно, вследствие более высокого уровня агрессивности. Похоже, что у патогена мучнистой росы квиноа адаптация происходит так же быстро и эффективно, как и у других специалистов-биотрофов.

Ржавчина бобовых (*Uromyces appendiculatus*) и антракноза (*Colletotrichum lin-demuthianum*) являются серьезной проблемой при выращивании кустовой фасоли в Эквадоре. Были изучены структура патогенов и устойчивость растений-хозяев для обоих из этих заболеваний. Из 21 изолята, выбранных по

Вставка 11.1 Продолжение на следующей странице.

Вставка 11.1 Продолжение.

причине их изменчивости, были определены 17 различных болезнетворных микроорганизмов, вызывающих ржавчину. Четырнадцать из 20 дифференциалов были восприимчивы. Однако, местные культурные сорта были более эффективны при дифференциации типов патогенов, что указывает на взаимосвязь в эволюциях растения-хозяина и патогена. Было обнаружено, что большинство из современных коммерческих культурных сортов восприимчивы к ржавчине (Ochoa и др., 2002).

Так же как и в случае с ржавчиной, при дифференциации патотипов антракнозы формальные дифференциалы были менее эффективны. С использованием набора дифференциалов были определены шесть видов. Однако, после включения в исследование местных культурных сортов были дифференцированы 12 различных образцов. Так же как и в случае с ржавчиной бобовых, было обнаружено, что большинство коммерческих культурных сортов восприимчивы к заболеванию (Falconi и др., 2003).

Хотя устойчивость к ржавчине и антракнозе – это важная цель селекции бобовых, во время выпуска сорта преобладающей целью является качество бобов. Наиболее широко распространенный сорт (Парагачи (Paragachi)) очень сильно восприимчив как к ржавчине, так и к антракнозе. Устойчивый к ржавчине сорт Гема (Gema) не пригоден для выращивания в низинах, где ржавчина является проблемой, но он выращивается в районах подверженных антракнозе, к которой он восприимчив. Это очевидное противоречие возникает вследствие того, что селекция бобовых и их отбор по принципу устойчивости проводились вне страны, и до выпуска этих сортов во внимание принимались только их способность к адаптации и урожайность. Вместо этого необходимы селекционные программы, в результате которых будут созданы сорта с устойчивостью к различным заболеваниям и пригодные для выращивания в местных условиях.

болезнетворных микроорганизмов, к которым нет устойчивости у растений, выращиваемых в настоящее время на больших территориях. Когда появляется новый культурный сорт с новым геном устойчивости, этот ген может защитить растения только в течение нескольких сезонов, так как вскоре появятся новые болезнетворные микроорганизмы. Однако, использование гена устойчивости может также увеличить сложность патогена. Например, по сценарию, более соответствующему гипотезе опасностей разнообразия, некоторые культурные сорта квиноа в Эквадоре были устойчивы к низко вирулентным изолятам ложной мучнистой росы, которые были распространены до выделения гена. Однако, с увеличением использования устойчивых сортов, появились виды заболевания, к которым были сверхчувствительны ранее устойчивые растения (Ochoa и др., 1999; вставка 11.1). Трудно установить, каковы будут реальные эпидемиологические последствия данного вмешательства, поскольку масштабы культивации устойчивых сортов неизвестны.

Адаптация культурных сортов к патогенной среде

Местные культурные сорта растений обладают различными типами устойчивости (Teshome и др., 2001). Это связано с длительным периодом коэволюции видов вредителей и хозяев в первичном и вторичном центрах разнообразия. В случае со многими видами растений, похоже, что центры генетического разнообразия растения и центры генетического разнообразия вредителя или патогена совпадают (Leppik, 1970; Allen и др., 1999).

По мере того, как человек передвигался по земному шару со своими растениями, за ним следовали идиоплазма устойчивости и вирулентные виды патогенов. Гены устойчивости могут появляться в ответ на появление нового патогена, но, если у растения уже бывали случаи данного заболевания, то в определенной местности уже могут иметься остатки устойчивости к нему. Результатом данного феномена является наличие устойчивости за пределами первичного центра разнообразия, примером чего может служить устойчивость к шоколадной пятнистости (вызываемой *Botrytis fabae*) конских бобов (*Vicia faba*) в Андах (Hanounik и Robertson, 1987).

Это растение впервые попало в Америку несколько сотен лет назад; его центром разнообразия является Плодородный Полумесяц.

Явные географические примеры устойчивости растения-хозяина в сочетании с присутствием вредителей и заболевания указывают на наличие коэволюции. При изучении всемирной коллекции ячменя, Кволсет (1975) обнаружил, что устойчивость к вирусу желтой карликовости ячменя (bydv) сконцентрирована в Эфиопии, являющейся центром разнообразия. Кволсет пришел к заключению, что в Эфиопии произошла мутация устойчивости к bydv, а присутствие заболевания убеждает в том, что естественный отбор на стороне устойчивых сортов ячменя. Сабрахманьям и др. (1989) изучил всемирную коллекцию арахиса на предмет устойчивости к ржавчине, вызываемой *Puccinia arachnida*, а также к пятнистости листьев, вызываемой *Phaeoisariopsis personata*. Они обнаружили, что источником 75% генов устойчивости является район Перу под названием Тарапото. Перу – это вторичный центр разнообразия арахиса, который развился от первичного центра окультуривания в южной Бразилии.

Существуют доказательства того, что местные сорта адаптированы к своей жизненной среде, которая включает вредителей и патогены. Леппик (1970), Харлан (1977) и Будденхаген (1983) отмечали, что источником наибольшего числа генов устойчивости, обычно, являются местные сорта, которые в течение долгого времени сосуществовали вместе с патогенами. Хотя некоторые из этих популяций могут быть низкоурожайными, генетическая изменчивость устойчивости в их пределах и между ними обеспечивает некоторую степень

Вставка 11.2 Местные Марокканские сорта, как источники мультигенной устойчивости

Шоколадная пятнистость, вызываемая грибом *Botrytis fabae*, является наиболее опасным заболеванием лиственной системы конских бобов (*Vicia faba* L.) в Марокко. В условиях, оптимальных для развития болезни, этот патоген может ежегодно сокращать урожай до 80%. Боухассан и др. (2003а) определили и описали источники устойчивости в местной идиоплазме. Было произведено исследование 136 местных сортообразцов конских бобов на предмет наличия устойчивости к *B. fabae*. Была протестирована реакция на искусственную инокуляцию местным штаммом *Botrytis* как в полевых условиях, так и на отделенных листьях. При обоих тестированиях были отмечены значительные различия между реакциями генотипов на заболевание. Девять сортообразцов оказались безусловно устойчивыми, как в полевых, так и в лабораторных условиях, а два образца показали чрезвычайно высокую степень устойчивости. Однако, полной устойчивости не наблюдалось, и авторы пришли к выводу, что эти генотипы обладают частичной, предположительно, мультигенной, устойчивостью.

Боухассан и др. (2003b) проанализировали эпидемиологические компоненты такой частичной устойчивости к шоколадной пятнистости при помощи пяти различных линий, образованных из пяти различных местных сортов конских бобов, которые имеют различную степень восприимчивости к заболеванию. Они обнаружили, что диаметр поражения, латентный период и количество спор на лист играют значительную роль при характеристике частичной устойчивости. Инкубационный период, похоже, значения не имел. Работа проводилась на основе местных изолятов грибка.

Аскохитоз, вызываемый *Ascochyta fabae* Speg., является одним из самых распространенных грибковых заболеваний конских бобов в мире. Грибок поражает все надземные части растения и может привести к значительной потере качества и количества урожая. Генетическая устойчивость является одним из главных компонентов интегрированной борьбы с заболеванием. При помощи единой сети (frymed) было произведено исследование местной идиоплазмы Северной Африки на предмет наличия источников устойчивости к этому патогену с целью создания устойчивого генофонда (Kharrat и др., 2002). Всего, в полевых условиях были изучены 309 сортообразцов (родиной 106 из которых является Марокко), иннокулированных местным изолятом патогена fry aft04. Наиболее устойчивые линии были повторно протестированы в полевых и лабораторных условиях с целью подтверждения устойчивости к двум вирулентным изолятам (fry aft04 и fry aft37). Результатом этих тестов стало выявление 18 устойчивых сортообразцов конских бобов. Некоторые сортообразцы имели более высокий уровень устойчивости к поражению стебля, чем к поражению листьев, и были включены для того, чтобы сохранить как можно более широкую генетическую базу устойчивости. Почти все сортообразцы, определенные как устойчивые или частично устойчивые, принадлежат к мелко- или среднесеменным сортам, но значительно различаются длиной цикла и некоторыми другими морфологическими особенностями. Эти устойчивые генотипы были внесены в коллекцию Специального Генофонда Аскохитоза при Институте сельского хозяйства и ветеринарии Хассана II, Раббат, Марокко.

защиты от возникновения эпидемий.

Другие факторы отбора сочетают в себе давление патогена и относительную важность заболевания в среде растения-хозяина для определения интенсивности отбора на предмет устойчивости. Например, отдельные эпидемии пирикулярриоза риса (вызываемого *Pyricularia grisea*) могут наносить огромный урон в высоких районах Бутана, истребляя весь урожай. Это означает, что пирикулярриоз оказывает сильное селективное воздействие. Однако, устойчивость к холоду является жизненно важной особенностью и, фактически, может быть доминантным фактором отбора в системе (Thinlay, 1998).

Во вставке 11.2 обсуждаются проводившиеся недавно в Марокко исследования местных сортов конских бобов, как источников устойчивости к основным заболеваниям листовенной системы растения: шоколадной пятнистости и аскохитозу. Главный интерес в этой работе представляет то, что большая часть исследования проводилась с местными изолятами патогенов как в лабораторных, так и в полевых условиях. Было обнаружено, что популяции растений-хозяев полиморфны по отношению к устойчивости, которая, как показал генетический анализ, мультигенна и частична в случае шоколадной пятнистости конских бобов.

Помимо генов устойчивости самих по себе, устойчивость местных сортов может быть результатом морфологических различий, корреляционных особенностей или косвенных воздействий. Например, в Турции местные сорта пшеницы с не полым стеблем были устойчивы к нападениям пилильщика, в то время как полостебельные сорта пшеницы – нет (Damania и др., 1997). В восточной Африке устойчивость к сильным дождям была взаимосвязана с устойчивостью к антракнозу (Trutmann и др., 1993).

Сложные гибриды или крупные популяции, которые сильно варьируются генетически, являются интересными экспериментальными системами, на примере которых можно проследить, как развиваются популяции растений-хозяев для борьбы с различными популяциями патогенов (Brown, 1999). Аллард (1990) проанализировал временную динамику устойчивости к ринхоспоровой пятнистости (вызываемой *Rhynchosporium secalis*) на примере сложных гибридов ячменя и сделал вывод, что не все аллели устойчивости полезны, некоторые из них имеют отрицательное влияние на урожайность, репродуктивную способность и приспособляемость. Он также заключил, что патотипы различаются по своей способности преодолевать устойчивость различных аллелей и заражать и поражать растения-хозяев. Некоторые аспекты патосистемы взаимосвязаны таким образом, что влияют на динамику популяций растений-хозяев и патогенов, включая частоту

аллелей устойчивости в популяции растений-хозяев и аллелей вирулентности в популяции патогенов.

Существуют определенные механизмы, которые могут влиять на изменения в частоте возникновения заболевания или его серьезность (обычно в сторону уменьшения) в популяции растения-хозяина, которые отличны от устойчивости (Wolfe и Finckh, 1997). Семь таких механизмов перечислены ниже, первые четыре из них применимы в отношении всех комбинаций и различных популяций независимо от того присутствует специализация патогена в отношении растения-хозяина или нет. Последние три применимы к системам хозяин-патоген со специальной устойчивостью.

- *Большое расстояние* между растениями наиболее восприимчивых генотипов в популяции уменьшает плотность распространения спор и вероятность того, что вирулентная спора попадет на восприимчивое растение.

- Устойчивые растения служат *барьерами* для распространения патогенов.

- *Отбор в популяции растения-хозяина*, выявляющий наиболее устойчивые генотипы, может уменьшить серьезность заболевания.

- *Повышенное разнообразие популяции патогена* в некоторых случаях само по себе ведет к ослаблению заболевания (Dileone и Mundt, 1994).

- В случаях, когда имеет место специализация по генотипам растений-хозяев, вызываемая авирулентными спорами *реакция устойчивости* может предотвратить или задержать инфицирование вирулентными спорами (например, мучнистой росы ячменя [Chin и Wolfe, 1984] и желтой ржавчины пшеницы [Lannou и др., 1994; Calonnec и др., 1996]).

- *Взаимодействие между видами патогенов* (например, борьба за ткань растения-хозяина) может ослабить заболевание.

- *Действие барьера взаимно*, что означает, что растения одного генотипа будут служить барьером для патогена, поражающего другой генотип, а растения последнего генотипа будут служить барьером для патогена, поражающего первый генотип.

Эти механизмы применимы в отношении заболеваний, переносимых воздушным и капельным путем, а также некоторых заболеваний, передающихся через почву. Таким образом, комбинации генотипов растений-хозяев, которые различаются реакцией на ряд заболеваний, часто демонстрируют общую реакцию на эти заболевания, соотносимую со степенью заболевания, наблюдаемой у наиболее устойчивых представителей популяции. Кроме того, в случае, когда определенные генотипы поражены заболеванием, урожай других, более устойчивых, обычно компенсирует урон.

Развитие патогена, как реакция на регулирование устойчивости растений

Биотическая среда местных сортов имеет, по крайней мере, два отличия от абиотической. Во-первых, она обладает способностью реагировать на изменения, происходящие с растением-хозяином, и меняться в соответствии с новыми эволюционными условиями. Во-вторых, болезнетворный компонент частично скрыт в потенциальных заболеваниях, которые в настоящее время находятся под контролем и не представляют угрозы. Таким образом, для того, чтобы установить присутствие серьезного патогена, необходимо чтобы на определенном растении-хозяине развилось заболевание, в то время как эдафические или климатические стрессы выявляются посредством физических или биологических данных.

Серьезные опасения вызывает возможность селекции генетически однородной популяции растений с целью приобретения устойчивости к сверх-видам, что одновременно может привести к полной потере всякой устойчивости. Однако, подход к преобладанию вида патогена, способного поражать все генотипы, не будет действовать в очень сложных популяциях, поскольку селективное преимущество, при котором появляется возможность поражать еще одно растение, уменьшается по мере того, как увеличивается количество различных генотипов (Wolfe и Finckh, 1997). С другой стороны, увеличение разнообразия устойчивости может снизить способность к адаптации или полезные качества популяции растения для фермера. Поэтому, должна существовать оптимальная степень сложности растения-хозяина.

Существуют другие стратегии для замедления эволюции сверх-видов. Например, некоторые исследователи предполагают, что оптимальной эволюционной стратегией в пределах местной популяции может быть создание взаимодополняющих моделей генетических вариаций устойчивости у растения-хозяина и вирулентности – у патогена (McDonald и др., 1989). Существует значительное количество теоретической и практической литературы, исследующей стратегии таких комбинаций; намного меньше известно о данном вопросе в традиционных системах.

Долгосрочный результат воздействия использования гена устойчивости на генетическую структуру патогенных популяций широко обсуждается. Многие исследования направленные на коэволюционные модели в сельскохозяйственных системах подчеркивают важность издержек приспособленности, связанных с устойчивостью и вирулентностью. Однако, такие издержки трудно задокументировать. Если вирулентность обладает приспособленностью для патогена, то комбинации, несущие в себе различные гены устойчивости, замедлят скорость эволюции патогена и более простые

виды будут доминировать в патогенной популяции. Однако, современные модели указывают на то, что такой же эффект может возникать при воздействии других механизмов, помимо вирулентности (Lannou и Mundt, 1996; Finckh и др., 1998).

Какова была реакция патогенов, на то, как фермеры изменяли генетическое разнообразие своих растений? На этот важный вопрос, возможно, имеется столько же ответов, сколько существует систем выращивания сельскохозяйственных растений, но наиболее важным обобщением является утверждение о том, что эволюционные сдвиги в патогене являются правилом. Во вставке 11.1 приведены несколько примеров из недавних исследований, проводившихся в Эквадоре, которые подчеркивают сложную ситуацию, возникшую в использовании гена устойчивости. Недостаточное использование устойчивых сортов может вызвать непредусмотренные и неблагоприятные сдвиги в вирулентности патогена, которым должно соответствовать использование новых источников устойчивости.

Использование генетического разнообразия для борьбы с заболеваниями

Фермеры и селекционеры растений вывели и использовали генотипы, которые устойчивы к вредителям и патогенам своих растений, и создали сельскохозяйственные системы, уменьшающие наносимый ими урон (Frankel и др., 1995; Finckh и Wolfe, 1997; Thilay и др., 2000a). далее мы обсудим три вида использования генотипа: прямое использование фермерами, использование устойчивости в комбинациях и использование в селекционных программах.

Прямое использование фермерами

Традиционные фермеры обычно знают о межсортовых различиях в восприимчивости к основным патогенам и используют их. Вставка 11.3 описывает пример использования фермером генетического разнообразия для борьбы с целым набором заболеваний и вредителями бананов в Уганде.

Восприимчивость к заболеваниям часто является одним из критериев, которые определяют выбор фермером семян. Этот выбор представляет собой компромисс между противоречащими друг другу критериями, или же фермер может выбрать для посадки несколько сортов в соответствии со своими целями.

Вставка 11.3 Борьба с пятнистостью листьев в системах выращивания бананов в горных районах Восточной Африки

Разнообразие культурных сортов бананов в районе Великих Озер в Восточной Африке составляют 100-150 сортов (Karamura и Karamura, 1995). Выращивание бананов так тесно связано с социально-культурной жизнью общества, что в хозяйстве находится применение для всех частей этого растения; различные сорта используются в качестве лекарственных средств и при проведении церемоний, посвященных таким событиям как рождение, смерть и свадьба. В этноботаническом исследовании, Карамура и др. (2003) отметили семь критериев, которые фермеры используют при проведении селекции, пять из которых были связаны с вредителями и заболеваниями. Кроме того, для борьбы с вредителями и заболеваниями в системах выращивания бананов для собственных нужд применяются такие меры, как удаление побегов, глубокий посев и выкорчевывание пней после сбора урожая.

Бананы горных районов восточной Африки aaa-eahb (Karamura, 1999), являются группой специфичной для региона Великих Озер восточной Африки, который в настоящее время рассматривается, как вторичный центр разнообразия бананов (Karamura и др., 1999). Хотя эта группа доминирует в данном регионе (78%), другие группы бананов, включая «bluggoes (abb)» (крахмалистые сорта бананов), десертный банан (aaa-Gros Michel), ab (Sukali Ndiizi), и овощной банан (aab-Gonja) также выращиваются в комплексе с aaa-eahb, насчитывая от 30 до 40 различных культурных сортов на каждой ферме.

В этом регионе растения подвергаются нападениям переносчиков вирусных и грибковых заболеваний, а также заболеваний передающихся через бактерии, которые вызывают у растений разнообразные реакции. Наиболее распространенной проблемой являются различные виды пятнистости листьев: черная сигатока, вызываемая *Mycosphaerella fi jiensis* Mopelam; пятна *Cladosporium*, вызываемая *Cladosporium musae* Масон; и желтая сигатока, вызываемая *Mycosphaerella musicola* Leach. Иногда, в районах с теплым и влажным климатом, у растений наблюдается глазковая пятнистость (*Drechslera* sp.).

Тушемейре (1996) изучил коэффициент заболеваемости и распространения пятнистости листьев в районе Великих Озер, сделав особый акцент на горных сортах бананов. Результаты этого исследования продемонстрировали различные реакции популяций растений на различные заболевания, вызывающие пятнистость листьев. В таблице вставки 11.3 приведены результаты относительно *M. musicola*, коэффициент заболеваемости которой у сортов aaa-eahb (Энтунду (Entundu), Мбивазируме (Mbwazirume) и Накитембе (Nakitembe)) был наиболее низким, в то время как у «пивного» банана, сорта Каинджа (Kayinja), он был наиболее высоким. На среднестатистической ферме в районах, где распространено это заболевание, данный сорт обычно составляет менее 5% посадок (Karamura и Karamura, 1995). Это может помочь предотвратить распространение заболевания и свести к минимуму убытки фермера. Реакция на черную сигатокку (*M. fijiensis*) отличается от реакции на желтую сигатокку. Сорта группы abb обладают высоким уровнем устойчивости, в то время как сорта группы aaa-eahb кажутся очень восприимчивыми.

Вставка 11.3 Продолжение на следующей странице.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 11.3. Коэффициент заболеваемости желтой ситатокки и реакция на черную ситатокку банана

Сорт	Геном	<i>M. musicola</i>	Коэффициент заболеваемости	Черная ситатокка	Реакция*
Кайинья (Kaijinja)	ABV	72%	Восприимчивый	7,1 ± 0,1	Устойчивый
Грос Мишель (Gross Michel)	AAA	19%		5,2 ± 0,3	
3 сорта	AAA-EAHV	7%	Устойчивый	--	
Много сортов	AAA-EAHV	--		4,7 ± 0,0	Восприимчивый
Сукали Ндиизи (Sukali Ndiizi)	AB	--		5,4 ± 0,1	
Плантайн (Plantain)	ABV	--		4,8 ± 0,2	

Источник: Tushemereigwe (1996)

*Реакция измеряется показателем пятнистости молодых листьев ($\pm$ стандартная ошибка средней), принимая конусообразные или не распустившиеся листья за нулевую точку. У восприимчивых сортов, симптомы проявляются сразу на молодых листьях, тогда как у устойчивых сортов симптомы показываются только на старых листьях.

Вставка 11.3 Продолжение.

Описанные здесь результаты дают возможность предположить, что внутривидовое разнообразие может способствовать борьбе с пятнистостью листьев у бананов. Выращивая несколько сортов, фермер застраховывается от полной потери урожая, которая может быть вызвана вариабельностью или изменениями популяции патогена, таким образом обеспечивая продовольственную безопасность и доход своей семьи.

В районе Великих Озер фермеры борются с проблемой заболеваний на двух уровнях. Во-первых, они используют различия между геномами. Сорта группы abb восприимчивы к желтой сигатоке, но устойчивы к черной сигатокке. Горные сорта бананов обладают противоположными качествами. Распространенность этих двух заболеваний также зависит от температуры, в более прохладных горных районах сильно распространена желтая сигатокка, а на более теплых равнинах – черная сигатокка.

Во-вторых, фермеры могут использовать различия внутри подгруппы, такой как Луджугира-Мутика (Lujugira-Mutika), в которой наиболее восприимчивыми являются скороспелые сорта (9-12 месяцев), в то время как наиболее устойчивыми – позднеспелые (12-15 месяцев) сорта с большими гроздьями. Раннеспелые сорта не застанут по крайней мере один влажный период, во время которого пятнистость листьев пролиферирует, и урожай будет выше ожидаемого. На уровне системы выращивания фермеры в горных районах предпочитают выращивать восприимчивые, но скороспелые сорта, в то время как фермеры на равнинах в основном выращивают устойчивые или выносливые сорта.

Размножение и комбинирование сортов для борьбы с заболеваниями

Во многих регионах мира фермеры имеют свои предпочтения в использовании сочетаний различных сортов, которые обеспечивают устойчивость к местным вредителям и заболеваниям и усиливают стабильность получения урожая (Trutmann и др., 1993). Таким образом, разнообразие в пределах одной культуры (путем комбинирования разных сортов, размножения или специального использования различных сортов в одной и той же производственной среде) может снизить ущерб, наносимый вредителями и заболеваниями (вставка 11.4)

Еще одним подходом, имеющимся в распоряжении фермеров, является использование комбинаций традиционных и устойчивых новых сортов для снижения ущерба, наносимого вредителями и заболеваниями, что помогает сохранить и использовать традиционные сорта (Zhu и др., 2000; глава 12). Пинджи и Трутманн (1992; 1994) продемонстрировали в течение трех сезонов, что добавление устойчивого сорта в 25-50% комбинаций местных сортов бобовых, восприимчивых к угловатой пятнистости листьев (als) (вызываемой *Colletotrichum lindemuthianum*), помогает защитить восприимчивые к заболеванию сорта и значительно повысить урожайность.

Вставка 11.4 Восточная Африка: использование фермерами генетического разнообразия фасоли для борьбы с заболеваниями

Район Великих Озер в Африке является вторичным центром разнообразия фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*), главной местной продовольственной культуры. Фасоль выращивается с использованием генетических комбинаций вследствие их более высокой урожайности и стабильности (Voss, 1992). Фермеры играют ключевую роль в развитии и управлении существующим генетическим разнообразием с целью оптимизации производства в чрезвычайно изменчивой окружающей среде. Традиционно, комбинация для каждого поля выбирается и содержится отдельно, с учетом наклона местности, количества солнечного освещения, количества осадков и других факторов. Прежде всего, когда фермеры создают или обрабатывают новое поле, они создают комбинацию путем посева на каждом поле как можно большего количества семян из различных источников, сбора урожая этих сортов и повторения этого процесса в течение нескольких сезонов и лет. Со временем добавляются другие критерии отбора, отвечающие другим целям, таким как предпочтения членов семьи во вкусе, цвете и кулинарных свойствах. Новые сорта выборочно добавляются в комбинации только на более поздних этапах и только после того, как они будут протестированы отдельно. Без фермерского отбора состав комбинаций быстро меняется. Поэтому состав фермерских комбинаций – это частично результат естественного отбора, а частично отбора, производимого фермерами. Высокий уровень устойчивости к местным патогенам является обязательным свойством данных комбинаций, а в районах, более подверженных распространению патогенов, этот уровень устойчивости повышается (Trutmann и др., 1993). В частности, в контролируемых условиях у сортов имеется устойчивость к местным видам *Colletotrichum lindemuthianum*, вызывающим часто смертельное заболевание «антракноз». При этом фермерские комбинации различаются как в количестве различных типов семян (разнообразие богатства комбинаций), так и в процентном соотношении компонентов (разнообразие распределения), в зависимости от региона. Устойчивость сортов к местным типам патогена *C. lindemuthianum* в районах с более благоприятными условиями для распространения антракноза, повышается с увеличением высоты, также как и число более устойчивых сортов. Дополнительные меры, при помощи которых фермеры управляют устойчивостью к заболеваниям, включают в себя использование архитектуры растения, удаление в процессе отбора дефектных семян и изменение использования генетического разнообразия во времени и пространстве.

Сорта должны обладать устойчивостью к осадкам. Устойчивость к осадкам и урожайность являются наиболее важными критериями, которыми руководствуется фермер при выборе сортов. Хотя заболевания в целом обычно не распознаются по отдельности, они связаны с осадками. Осадки вызывают гниение листьев или корней (с точки зрения фермера), а также приостанавливают цветение (Trutmann и др., 1996). Предпочтительна архитектура растений, которая помогает избежать воздействия осадков, и в зависимости от условий выбираются определенные типы силы роста растений. Фермеры также используют генетическое разнообразие, выбирая различные комбинации во время первого и второго дождливого периода. Традиционно, для каждого поля подготавливаются семена в соответствии с каждым сезоном. Эта стратегия является частью севооборота. Кроме того,

Вставка 11.4 Продолжение.

размер полей невелик, а фасоль сажается в междурядьях других растений, таких как бананы, сладкий картофель и маис.

В целом эффект генетического разнообразия в борьбе с заболеваниями усиливается с учетом местоположения, частоты или плотности, а также временного фактора. Такими способами местные фермеры расширяют использование имеющегося генетического разнообразия и генов устойчивости к местным патогенам за пределы одной культуры.

Однако, без подавления заболеваний невозможно достичь хорошей урожайности. Угловатая пятнистость листьев (als) является важным фактором ограничивающим урожайность, поэтому новые источники устойчивости могут оказать значительное влияние на урожайность традиционных смесей. Такие новые виды устойчивости и их использование в смесях может помочь сохранить традиционные сорта и снизить уровень их замещения монокультурами.

Дело обстоит намного сложнее. В экспериментах, проводившихся на нескольких участках, повышение урожайности в результате использования новых устойчивых смесей было не таким явным, как должно было быть при таком уровне тяжести заболевания. Помешать этому на данных участках могло другое заболевание мучнистая пятнистость листьев (вызываемая *Ramularia phaseoli*), к которой восприимчивы устойчивые к als сорта. Такие результаты подчеркивают типичные трудности, с которыми приходится сталкиваться селекционерам, учитывающим среди других качеств также устойчивость к нескольким заболеваниям сразу. Вольфе (1985) предположил, что смеси культурных сортов могут помочь более эффективному достижению этой цели, поскольку достаточно того, чтобы различные компоненты смеси были устойчивы к различным заболеваниям.

Мультилинии являются смесями генетически схожих линий или сортов, которые различаются только своей устойчивостью к различным патотипам. Они используются при выращивании зерновых в Соединенных Штатах (Finckh и Wolfe, 1997) и кофе (*Coffea arabica*) в Колумбии. Так сорт Колумбия является мультилинией нескольких линий кофе, по-разному устойчивых к ржавчине (вызываемой *Hemilera vastatrix*) и выращиваемых на более, чем 360,000 га (Moreno-Ruiz и Castillo-Zapata, 1990; Browning, 1997).

Эпидемиологические исследования популяций патогенов в экспериментальных сортовых смесях и мультилиниях представляют собой опытное определение того, уменьшает ли однородность устойчивости в популяции распространение заболевания. Вольфе (1985) изучил результаты более 100 таких исследований и обнаружил, что уровень заражения у наиболее

восприимчивого компонента в двойной смеси составлял всего 25% от уровня заражения на беспримесных участках. В целом уровень заражения у сортовых смесей достигал уровня заражения, наблюдаемого у устойчивого компонента, выращиваемого отдельно. Также, он обнаружил, что обычно использование смесей более эффективно, чем использование мультилиний вследствие более высокого уровня их генетической однородности.

Еще одним аргументом в пользу адаптивных качеств множественной устойчивости служит ее преобладание в дикой природе. Бердон (1987) изучил восемь видов трав и лесных деревьев, а также *Avena*, *Glycine*, и *Trifolium*, продемонстрировавшие, что реакция диких растений на патогены часто полиморфична. В системе *Linum marginale*–*Melampsora linii*, более устойчивая популяция растений становится переносчиком более вирулентной популяции ржавчины (Thrall и Burdon, 2003). И все таки в этой системе болезнь, обычно не так распространена в популяциях растений с более высоким уровнем разнообразия генетической устойчивости. Похожие результаты были получены во время изучения местных сортов риса и пирикулярриоза риса (Thinlay и др., 2000b).

Конкуренция и компенсация являются наиболее важными из видов межгенетического взаимодействия в популяциях растений и влияют на урожайность. При отсутствии заболевания, урожайность смеси обычно достигает уровня средних показателей урожайности ее компонентов и, в целом, немного выше среднего (Finckh и Wolfe, 1997). Увеличение урожайности в генетических смесях может частично быть результатом нишевой дифференциации их компонентов (Finckh и Mundt, 1992). Аллелопатия и синергия неизвестной природы также может играть свою роль.

Уровень заболеваемости в смесях почти всегда ниже, чем средний уровень заболеваемости их компонентов (Burdon, 1987; Burdon и Jarosz, 1989). При наличии заболевания, урожайность сортовых смесей часто выше, чем в среднем у их компонентов, выращиваемых по отдельности (Finckh и Wolfe, 1997). Хотя при выращивании отдельных сортов, взаимосвязь между тяжестью заболевания и урожаем очевидна, при выращивании смесей это не всегда так (Finckh и др., 1999). Это происходит вследствие того, что взаимосвязь между тяжестью заболевания и урожаем отдельных компонентов смеси часто не высока. Одной из причин этого является воздействие заболевания на конкурентное взаимодействие между сортами (Finckh и Mundt, 1992; Finckh и др., 1999).

Вставка 11.5 Реагирование местных сортов на периодический отбор в рамках партисипаторного подхода в Марокко

В Марокко, улучшение гермоплазмы на основе периодического отбора доказало свою эффективность в деле улучшения популяций конских бобов, в отношении количественных признаков (Sadiki и др., 2000). Данная стратегия является привлекательной, в качестве одного из партисипаторных методов отбора растений для повышения качества местной гермоплазмы конских бобов. Было проведено три цикла много признакового отбора по полусибам в отношении компонента урожайности и устойчивости к *Botrytis fabae* при естественном заражении в широкой популяции местных сортов (Sadiki и др., 2000). При оценке реагирования на отбор выяснилось, что достигнуто значительное увеличение урожайности, а устойчивость к *Botrytis* улучшилась на 54%. Первый цикл стимулировал наиболее мощное реагирование на отбор по всем признакам. Данный подход демонстрирует, что местные фермеры могут улучшать свои сорта в местных условиях, путём повышения частоты болезнестойчивых генотипов, которые объединяют гены, отвечающие за устойчивость. В любом случае, усиленные популяции остаются явно разнообразными по видимым признакам, а также исходя из реакции на само заболевание. Улучшенные популяции отбираются с учётом их реагирования на местные популяции патогенов.

Селекция

В связи с большим значением генов устойчивости для селекционных программ, многие исследователи изучили имеющиеся в банке генов образцы местных сортов и их дикорастущих сородичей, а также новые образцы, собранные с полей. Изучая результаты таких исследований, важно помнить, когда были собраны образцы для банка генов и какие патотипы были использованы в экспериментах по определению устойчивости (Teshome и др., 2001).

Фактор времени является весьма важным по причине того, что патоген и популяции-хозяева на поле периодически меняются. Сравнительные сборы, произведённые в разное время демонстрируют разнообразие реакций, которые могут ввести в заблуждение относительно того, на каком уровне разнообразие может присутствовать в тот или иной момент времени. Хотя использование не местных патотипов при испытании устойчивости у местных сортов перекликается с конкретными целями селекции, информация о данном типе может оказаться бесполезной для изучения коэволюционных процессов *in situ*.

Так как местные сорта часто демонстрируют различный уровень устойчивости, также очень важно использовать достаточно крупные образцы для проведения скрининга по ряду патогенных рас. Часто, лишь определённая фракция местного сорта несёт в себе устойчивость (Thin-lay и

др., 2000b). Кроме того, даже, как правило, инбридинговые культуры будут, до определённой степени, скрещиваться с представителями неродственных линий при поддержании разнообразия местных сортов и поэтому, могут, со временем, сегрегироваться и демонстрировать изменения устойчивости (Finckh, 2003).

Использование селекционерами устойчивости в отношении местных сортов обычно начинается со скрининга гермоплазмы. Например, Негасса (1987) провёл скрининг местных сортов эфиопской пшеницы на предмет реагирования на листовую ржавчину (вызванную *Puccinia recondita*) и обнаружил умеренную устойчивость к штамму, который был вирулентным на шести генах. В дальнейшем, Дик и Сайкс (1995) проверили, является ли данная устойчивость переносимой при проведении селекционных программ по пшенице. В процессе экспериментов с использованием скрещивания и обратного скрещивания, они установили устойчивость тетраплоидов и гексаплоидов эфиопской пшеницы к листовой ржавчине и стеблевой ржавчине (вызываемой *P. graminis* f. sp. *tritici*).

Алемёу и Парлевлит (1996) обнаружили у местных сортов эфиопского ячменя практически полное отсутствие основной устойчивости к той или иной расе, а также высокую частоту умеренной частичной устойчивости к *Puccinia hordei*. Селекция с количественной, частичной или полифакторальной устойчивостью представляет определённые трудности в современной селекции растений, которые иногда можно преодолеть с помощью сцепленных генетических маркеров. С другой стороны, рассредоточенная селекционная работа в рамках партисипаторных схем, которые охватывают фермеров проводящих отбор на своих полях, весьма многообещающая, согласно отчётам представленным во вставке 11.5.

Устойчивость, чья генетическая база является сложной, может реализовываться другими способами, которые отличаются от племенной селекции. Начиная с того момента, как патогенов признали «изменяющимися врагами» (Stakman, 1947), многие селекционеры поддерживали использование разнообразие устойчивых генов для борьбы, а возможно и для предупреждения появления, популяций патогенов (например, Suneson, 1956, подход на основе “эволюционной селекции растений”; Le Boulc’h и др., 1994) среди иных селекционных концепций, популяционный отбор, композитные скрещивания, а также мультилинии – во всех применяется внутрикультурное разнообразие (Finckh и Wolfe, 1997).

Роль фермеров в формировании коэволюционированного генетического разнообразия

Фермеры управляют генетическим составом своих культур, а также биотической и абиотической средой как непосредственно на полях, так и вокруг них, создавая особое отборное давление в сельскохозяйственных системах. Выделяют четыре вида генетического управления.

Отбор культурного генетического разнообразия

Растительный материал, отбираемый фермерами очевидно, оказывает основное влияние на популяции патогенов. Культуры различаются настолько, насколько критерии отбора, применяемые фермерами, явно или действительно помогают избежать вреда вызываемого патогенами. Для многих культур (например, конские бобы, вставка 11.2; бананы, вставка 11.3; фасоль, вставка 11.4), такой критерий как реакция на заболевание, играет серьёзную роль при принятии решения фермерами. В отношении других культур, без очевидных симптомов заболевания, отбор на предмет устойчивости является косвенным, через отбор на предмет урожайности.

Результаты отбора семян фермерами связаны с их доступом к генетическим ресурсам, а также истории земледелия в регионе. Культуры местных сортов, произрастающих в тех регионах, где данные виды были одомашнены, до сих пор могут взаимодействовать со своими дикорастущими предшественниками и сородичами бок о бок с сорняками и общими вредителями, патогенами и полезными организмами. С другой стороны, те культуры, которые пересекли континенты и отделены от их мест происхождения могут сохранить меньшее генетическое разнообразие и продемонстрировать широкий спектр контактов с вредителями. Результаты любой конкретной ситуации тяжело предугадать. Большинство культур, без учёта сдерживающих факторов, связанных с их коэволюционируемыми вредителями, могут процветать. В отдельных случаях у культур развивалась устойчивость вне центров их одомашнивания (например, *Vicia faba*), что предполагает отбор, проводимый фермерами.

Размер поля и его местоположение

Местоположение поля влияет на взаимодействие видов сельскохозяйственных культур с популяциями на полях других фермеров, а также с дикорастущими альтернативными хозяевами в окружающей природной растительности. У

небольших изолированных полей вероятность взаимной дивергенции выше, чем в случае с крупными полями, поэтому, во многих традиционных системах небольшие поля становятся мозаикой разнообразия, что может уменьшить вероятность крупномасштабных эпидемий. На прилегающих полях увеличилась возможность потока генов между популяциями как хозяина, так и патогена. Естественные популяции дикорастущих сородичей могут поддержать эволюцию патогена, а также потенциал патогенов в преодолении устойчивости культур (Allen и др., 1999). Ярким примером этого является перемещение вирулентных штаммов ржавчины с дикорастущих сородичей пшеницы в Гималаях на посевы культурной пшеницы в Индии и Пакистане, что привело к эпидемии (Joshi, 1986).

Пространственное размещение генетического разнообразия культур на полях

Фермеры могут выращивать сельскохозяйственные культуры как сортовые монокультуры или как смеси, а также с использованием посева в междурядье. Каждая из этих стратегий влияет на уровень взаимодействия растения и патогенов, как было описано выше.

Временные переменные

Сезонность температур и дождей в связи со сбором урожая и посевом влияет на взаимодействие растений и патогенов. Фермеры используют на сезонной основе такие практики борьбы с насекомыми, как парование, севооборот, корректировка даты посадки, посев культур с разным периодом созревания, посев приманочных культур и временное использование специальных типов устойчивости (Thurston, 1992).

Севообороты культур являются основным методом оздоровления культур различными способами (Finckh, 2003). Эти способы можно разделить на временные эффекты, служащие для того, чтобы переждать исчезновение остаточных зародышей патогена в почве или остатков растений, косвенные эффекты через микробиальную активность в почве, а также прямые подавляющие эффекты определенных культур на определенные патогены.

Хотя, для возбуждения заболевания необходимо присутствие патогена, отсутствие патогена не обязательно означает, что растение здорово. На самом деле, результат обычно определяется балансом между полезными и вредными организмами.

Как показано в этой главе, необходимо дополнять и расширять такие интегрированные стратегии борьбы с вредителями, как севооборот путем использования и управления внутривидовым разнообразием местных культурных сортов, как ключевым ресурсом. Для ограниченных в ресурсах фермеров в развивающихся странах разнообразие местных культур и управление им может быть одним из немногих ресурсов и методов, имеющихся в их распоряжении для борьбы с вредителями и заболеваниями. Таким образом, польза от применения данного подхода в дополнение к сохранению агробиоразнообразия будет включать меньший вред для экологии, сохранение разнообразия насекомых, грибов, почвенных микроорганизмов и водных организмов окружающих экосистем.

Обсуждение и задачи исследования

Хотя, известно, что генетическое разнообразие культур может быть использовано для борьбы с вредителями и заболеваниями, также известно, что данный подход применим не во всех случаях. Проблема состоит в том, чтобы разработать критерии, которые определяли бы, когда и где разнообразие может играть или играет ключевую роль в борьбе с вредителями и заболеваниями. Эти критерии будут служить базой при выборе фермерами и работниками развития инструментов и принятии решений и обеспечат соответствующий выбор стратегий использования разнообразия для борьбы с вредителями и заболеваниями.

Ключевыми вопросами для исследования при определении таких критериев по использованию генетического разнообразия культур являются:

- Разнообразие устойчивости растений: Какие существуют генетические вариации устойчивости между и внутри традиционных культурных сортов против популяций поражающих их патогенов?
- Разнообразие и устойчивость поля: Действительно ли разнообразие устойчивости, имеющееся у растений, уменьшает негативное воздействие вредителей и заболеваний, по крайней мере, на время?
- Разнообразие биотипов: Как изменяется структура патогена в системах и в пространстве?

Ответы на эти вопросы будут основаны на данных, собранных непосредственно с полей, а также от фермеров, для характеристики растений, вредителей, патогенов и окружающей среды.

В целом, развитие болезни в популяциях растений и коэволюция

устойчивости и вирулентности является результатом взаимодействия трех факторов: растения, вредителя или патогена и окружающей среды, описываемых, как треугольник заболевания (Burdon, 1987). Козволюцию растения-патогена в традиционных сельскохозяйственных системах можно также описать, как треугольник совместно с естественными сообществами или со сложными гибридами. Однако, для местных сортов в традиционных системах, важно учитывать в этой модели фермеров, вследствие важной роли, которую они играют в отборе (Finckh и Wolfe, 1997).

Заключение

Понимание взаимосвязи между фермерами, выращиваемыми ими культурами, окружающей среды, растениями-хозяевами и видами вредителей в агроэкосистемах очень важно для создания эффективных механизмов борьбы с заболеваниями, основанных на оптимальном поддержании генетического разнообразия растений и управлении им в изменчивой среде. Фермеры, ограниченные в ресурсах, зависят в борьбе со всеми факторами, снижающими урожайность, от разнообразия местных культурных сортов. Разработка для таких фермеров альтернативных стратегий, таких как высокоселекционные однородные сорта, которые сочетают в себе несколько типов устойчивости («пирамидная селекция»), довольно дорогостояща. Они вряд ли будут приняты в крайне изменчивых условиях. Такие сорта неизменно должны быть заменены по мере того, как появляются новые заболевания и патотипы, поражающие их. Большинство развивающихся стран не в состоянии финансировать такие длительные селекционные программы. Государственный сектор сокращается, окружающая обстановка часто меняется, а климат оптимален для большинства патогенов. Поэтому очень важно поддерживать и оптимальным образом использовать разнообразие устойчивости на фермах для того, чтобы обеспечить существующую будущую производительность. Случаи его несоответствующего использования не исключают этого фундаментального принципа. Разнообразие само по себе не несет угрозы, не обязательно оно несет и пользу. Важно определить основные генетические, экологические и агрономические параметры, при которых использование фермерами разнообразия принесет им пользу и уменьшит чувствительность их растений к заболеваниям и вредителям.

Выражение признательности

Авторы хотят поблагодарить Экологическую Программу Глобального Экологического Фонда организации Объединенных Наций (ООН), Продовольственную и Сельскохозяйственную Организацию ООН, а также правительства Швейцарии (Швейцарское Агентство Развития и Сотрудничества) и Германии (Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) за финансовую поддержку некоторых исследований, результаты которых изложены в данной главе.

Примечания

1. Для простоты мы не включили в качестве прямой стратегии разнообразия множественные виды, поскольку виды, составляющие систему мультикультур, могут быть генетически однородны и поражаться различными заболеваниями, и в то же время быть устойчивыми к заболеваниям, которые поражают другие компоненты. Устойчивость, в результате применения такой стратегии, возникает в результате физических особенностей (например, сбор спор, плотность хозяина), а не генетических (например, дифференциальная устойчивость).

2. Термин *монокультура* обычно относится к продолжительному выращиванию одного и того же вида сельскохозяйственных культур на большой территории. Для патолога, однако, термин *монокультура* сам по себе недостаточен, так как он может относиться к виду, сорту или гену. Если все сорта одного вида имеют один и тот же ген устойчивости, то система является монокультурой гена устойчивости (Finckh и Wolfe, 1997).

3. Генетическая уязвимость определяется как «состояние, когда широко выращиваемая культура одинаково восприимчива к воздействию вредителей, патогена или экологической опасности в результате своей генетической структуры, таким образом, создавая возможность обширной потери урожая» (ФАО, 1998:30). Таким образом, термин уязвимость отражает возможность урона, а не сам урон.

Литература

- Alemayehu, F. and J. E. Parlevliet. 1996. Variation for resistance to *Puccinia hordei* in Ethiopian barley landraces. *Euphytica* 90:365–370.
- Allard, R. W. 1990. The genetics of host–pathogen coevolution: Implications for genetic resource conservation. *Journal of Heredity* 81:1–6.
- Allen, D. J., J. M. Lenne, and J. M. Walker. 1999. Pathogen biodiversity: Its nature, characterization and consequences. In D. Wood and J. Lenne, eds., *Agrobiodiversity. Characterization, Utilization and Management*, 123–153. Wallingford, uk: cab International.

- Bouhassan, A., M. Sadiki, and B. Tivoli. 2003a. Evaluation of a collection of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes originating from the Maghreb for resistance to chocolate spot (*Botrytis fabae*) by assessment in the field and laboratory. *Euphytica* 135:55–62.
- Bouhassan, A., M. Sadiki, B. Tivoli, and N. El Khiati. 2003b. Analysis by detached leaf assay of components of partial resistance of faba bean (*Vicia faba* L.) to chocolate spot caused by *Botrytis fabae* Sard. *Phytopathologia Mediterranea* 42:183–190.
- Brown, A. H. D. 1999. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farm. In S. Brush, ed., *Genes in the Field: On Farm Conservation of Crop Diversity*, 29–48. Boca Raton, fl: Lewis Publishers.
- Browning, J. A. 1997. A unifying theory of the genetic protection of crop plant populations from diseases. In I. Wahl, G. Fischbeck, and J. A. Browning, eds., *Disease Resistance from Crop Progenitors and Other Wild Relatives*. Berlin: Springer Verlag.
- Buddenhagen, I. W. 1983. Breeding strategies for stress and disease resistance in developing countries. *Annual Review of Phytopathology* 21:385–409.
- Burdon, J. J. 1987. *Diseases and Plant Population Biology*. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Burdon, J. J. and A. M. Jarosz. 1989. Disease in mixed cultivars, composites, and natural plant populations: Some epidemiological and evolutionary consequences. In A. H. D. Brown, M. T. Clegg, A. L. Kahler, and B. S. Weir, eds., *Plant Population Genetics, Breeding and Gene tic Resources*, 215–228. Sunderland, ma: Sinauer Associates.
- Calonne, A., H. Goyeau, and C. de Vallavieille- Pope. 1996. Effects of induced resistance on infection efficiency and sporulation of *Puccinia striiformis* on seedlings in varietal mixtures and on field epidemics in pure stands. *European Journal of Plant Pathology* 102:733–741.
- Chin, K. M. and M. S. Wolfe. 1984. The spread of *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in mixtures of barley varieties. *Plant Pathology* 33:89–100.
- Compagnon, P. 1998. *El cacho natural, Biología- Cultivo- Producción*, 142–1559. Paris: Consejo Mexicano del Hulei y cirad.
- Damania, A., B. L. Pecetti, C. O. Qualset, and B. O. Humeid. 1997. Diversity and geographic distribution of stem solidness and environmental stress tolerance in a collection of durum wheat landraces from Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:101–108.
- Dileone, J. A. and C. C. Mundt. 1994. Effect of wheat cultivar mixtures on populations of *Puccinia striiformis* races. *Plant Pathology* 43:917–930.
- Dyck, P. L. and E. E. Sykes. 1995. Inheritance of stem rust and leaf rust resistance in some Ethiopian wheat collections. *Euphytica* 81:291–297.
- Falconi, E., J. B. Ochoa, E. Peralta, and D. Daniel. 2003. *Virulence Pattern of Colle-trotrichum lindemuthianum in Common Bean in Ecuador*. Bean Improvement Cooperative (bic). East Lansing: Michigan State University.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1998. *The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: fao.
- Finckh, M. R. 2003. Ecological benefits of diversification. In T. W. Mew, D. S. Brar, S. Peng, D. Dawe, and B. Hardy, eds., *Rice Science: Innovations and Impact for Livelihood*, Proceedings of the International Rice Research Conference, September 16–19, 2002, 549–564. Beijing: International Rice Research Institute, Chinese Academy of Engineering and Chinese Academy of Agricultural Sciences.
- Finckh, M. R., E. S. Gacek, H. J. Czembor, and M. S. Wolfe. 1999. Host frequency and density effects on disease and yield in mixtures of barley. *Plant Pathology* 48:807–816.
- Finckh, M. R., E. S. Gacek, H. J. Nadziak, and M. S. Wolfe. 1998. Suitability of cereal cultivar mixtures for disease reduction and improved yield stability in sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry* 1:571–576.
- Finckh, M. and C. Mundt. 1992. Plant competition and disease in genetically diverse wheat populations. *Oecologia* 91:82–92.

- Finckh, M. and M. S. Wolfe. 1997. The use of biodiversity to restrict plant diseases and some consequences for farmers and society. In L. E. Jackson, ed., *Ecology in Agriculture*, 203–237. San Diego, ca: Academic Press.
- Frankel, O. H., A. H. D. Brown, and J. J. Burdon. 1995. *The Conservation of Plant Biodiversity*. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Hanounik, S. B. and L. D. Robertson. 1987. New sources of resistance in *Vicia faba* L. to chocolate spot caused by *Botrytis faba*. *Plant Disease* 72:696–698.
- Harlan, J. R. 1977. Sources of genetic defense. *Annals of New York Academy of Sciences* 287:345–356.
- INIAP. 1974. *Annual Report*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (iniap). Quito, Ecuador: Department of Plant Pathology.
- Joshi, L. M. 1986. Perpetuation and dissemination of wheat rusts in India. In L. Joshi, D. Singh, and K. D. Srivastava, eds., *Problems and Progress of Wheat Pathology*. New Delhi: South Asia Malhorta Press.
- Karamura, D. A. 1999. *Numerical Taxonomic Studies of the East African Highland Bananas (Musa AAA–East Africa) in Uganda*. PhD thesis, University of Reading, uk.
- Karamura, D. A., S. Mgenzi, E. Karamura, and S. Sharrock. 2003. Exploiting indigenous knowledge for the management and maintenance of *Musa* diversity. *African Crop Science Journal* 12:67–74.
- Karamura, E., E. Frison, D. Karamura, and S. Sharrock. 1999. Banana production systems in eastern and southern Africa. In C. Picq, E. Foure, and E. Frison, eds., *Bananas and Food Security*, 401–412. International Symposium, November 10–14, 1998, Cameroon. Montpellier, France: inibap.
- Karamura, E. B. and D. A. Karamura. 1995. Banana morphology. Part II. The aerial shoot. In S. Gowen, ed., *Bananas and Plantains*, 190–205. London: Chapman and Hall.
- Kennedy, D. and M. Lucks. 1999. Rubber, blight, and mosquitoes: Biogeography meets the global economy. *Environmental History* 4:369–383.
- Kharrrat, M., M. Sadiki, R. Esnault, B. Tivoli, A. Porta Puglia, and M. R. Hajlaoui. 2002. *Identification of Sources of Resistance to Ascochyta Blight in Faba Bean*. Grain Legumes in the Mediterranean Agriculture (legumed). Paris: aep.
- Kolmer, J. A., P. L. Dyck, and A. P. Roelfs. 1991. An appraisal of stem rust resistance in North American hard red spring wheats and the probability of multiple mutations to virulence in populations of cereal rust fungi. *Phytopathology* 81:237–239.
- Lannou, C. and C. C. Mundt. 1996. Evolution of a pathogen population in host mixtures: Simple race–complex race competition. *Plant Pathology* 45:440–453.
- Lannou, C., C. de Vallavieille- Pope, and H. Goyeau. 1994. Induced resistance in host mixtures and its effect on disease control in computer- simulated epidemics. *Plant Pathology* 44:478–489.
- Le Boulc’h, V., J. L. David, P. Brabant, and C. de Vallavieille- Pope. 1994. Dynamic conservation of variability: Responses of wheat populations to different selective forces including powdery mildew. *Genetics Selection Evolution* 26:221–240.
- Leppik, E. E. 1970. Gene centers of plants as a source of disease resistance. *Annual Review of Phytopathology* 8:323–344.
- Marshall, D. R. 1977. The advantages and hazards of genetic homogeneity In P. Day, ed., *The genetic basis of epidemics in agriculture*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 287:1–20.
- McDonald, B. A., J. M. McDermott, S. B. Goodwin, and R. W. Allard. 1989. The population biology of host–parasite interactions. *Annual Review of Plant Pathology* 27:77–94.
- Moreno- Ruiz, G. and J. Castillo- Zapata. 1990. The variety Colombia: A variety of coffee with resistance to rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), *Cenicafe Chinchiná – Caldas. Colombia Technical Bulletin* 9:1–27.
- Mundt, C. C. 1990. Probability of mutation to multiple virulence and durability of resistance gene pyramids. *Phytopathology* 80:221–223.
- Mundt, C. C. 1991. Probability of mutation to multiple virulence and durability of resistance gene pyramids: Further comments. *Phytopathology* 81:240–242.

- Negassa, M. 1987. Possible new genes for resistance to powdery mildew, *Septoria*, glume blotch and leaf rust of wheat. *Plant Breeding* 98:37–46.
- Ochoa, J., H. D. Frinking, and T. H. Jacobs. 1999. Postulation of virulence groups and resistance factors in the quinoa/downy mildew pathosystem using material from Ecuador. *Plant Pathology* 48:425–430.
- Ochoa, J., J. Lowers, and L. Broers. 1998. Analysis of virulence and evolution of the Ecuadorian population of stripe rust in wheat. *Fitopatología* 33:160–164.
- Ochoa, L. B., E. Cruz, and D. Daniel. 2002. *Physiological Variation of Bean Rust in Ecuador*. Bean Improvement Cooperative (bic). East Lansing: Michigan State University.
- Oerke, E. C., H. W. Dehne, F. Schönbeck, and A. Weber. 1994. *Crop Production and Crop Protection, Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Amsterdam: Elsevier.
- Oldfield, M. L. 1989. *The Value of Conserving Genetic Resources*. Sunderland, ma: Sinauer Associates.
- Otim-Nape, G. W. and J. M. Thresh. 1998. The current pandemic of cassava mosaic virus disease in Uganda. In D. G. Jones, ed., *The Epidemiology of Plant Diseases*, 423–443. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Pyndji, M. M. and P. Trutmann. 1992. Managing angular leaf spot development on common bean in Africa by supplementing farmer mixtures with resistant varieties. *Plant Disease* 76:1144–1147.
- Qualset, C. O. 1975. Sampling germplasm in a center of diversity: An example of disease resistance in Ethiopian barley. In O. H. Frankel and J. G. Hawkes, eds., *Crop Genetics Resources for Today and Tomorrow*, 81–96. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Rivano, F. 1997. South American leaf blight of Hevea. 1. Viability of *Microcyclus ulei* pathogenicity. *Plantations, Recherche, Développement* 4:104–114.
- Sadiki, M., L. Belqadi, S. Mehdi, and A. El Alami. 2000. Sélection de la fève pour la résistance polygénique aux maladies par voies d'amélioration des populations. *Petria* 10:203–262.
- Schumann, G. L. 1991. *Plant Diseases: Their Biology and Social Impact*. St. Paul, mn: aps Press.
- Stakman, E. C. 1947. Plant diseases are shifting enemies. *American Scientist* 35:321–350.
- Subrahmanyam, P., V. Ramanatha Rao, D. McDonald, J. P. Moss, and R. Gibbons. 1989. Origins of resistances to rust and late leaf spot in peanut (*Arachis hypogaea*, Fabaceae). *Economic Botany* 43:444–455.
- Suneson, C. A. 1956. An evolutionary plant breeding method. *Agronomy Journal* 48:188–191.
- Teshome, A., A. H. D. Brown, and T. Hodgkin. 2001. Diversity in landraces of cereals and legume crops. *Plant Breeding Reviews* 21:221–260.
- Thinlay, X. 1998. *Rice Blast, Caused by Magnaporthe grisea, in Bhutan and Development of Strategies for Resistance Breeding and Management*. Dissertation eth No. 12777. Zürich: Swiss Federal Institute of Technology.
- Thinlay, X., M. R. Finckh, A. C. Bordeos, and R. S. Zeigler. 2000a. Effects and possible causes of an unprecedented rice blast epidemic on the traditional farming system of Bhutan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78:237–248.
- Thinlay, X., R. S. Zeigler, and M. R. Finckh. 2000b. Pathogenic variability of *Pyricularia grisea* from the high- and mid- elevation zones of Bhutan. *Phytopathology* 90:621–628.
- Thrall, P. H. and J. J. Burdon. 2003. Evolution of virulence in a plant host–pathogen metapopulation. *Science* 299:1735–1737.
- Thurston, H. D. 1992. *Sustainable Practices for Plant Disease Management in Traditional Systems*. Boulder, co: Westview Press.
- Trutmann, P., J. Fairhead, and J. Voss. 1993. Management of common bean diseases by farmers in the Central African highlands. *International Journal of Pest Management* 39:334–342.
- Trutmann, P. and M. M. Pyndji. 1994. Partial replacement of local common bean mixtures by high yielding angular leaf spot resistant varieties to conserve local genetic diversity while increasing yield. *Annals of Applied Biology* 125:45–52.
- Trutmann, P., J. Voss, and J. Fairhead. 1996. Indigenous knowledge and farmer perception of common

- bean diseases in the central African highlands. *Agriculture and Human Values* 13:64–70.
- Tushemereirwe, W. K. 1996. *Factors Influencing the Expression of Leaf Spot Diseases of Highland Bananas in Uganda*. PhD thesis, University of Reading, United Kingdom.
- Ullstrup, A. J. 1972. The impacts of the southern corn leaf blight epidemics of 1970 – 1971. *Annual Review of Phytopathology* 10:37–50.
- Voss, J. 1992. Conserving and increasing on- farm genetic diversity: Farmer management of varietal bean mixtures in Central Africa. In J. Lewinger Moock and R. E. Rhoades, eds., *Diversity, Farmer Knowledge, and Sustainability*, 34–51. Ithaca, ny: Cornell University Press.
- Wolfe, M. S. 1985. The current status and prospects of multilane and variety mixtures. *Annual Review of Phytopathology* 23:251–273.
- Wolfe, M. S. and M. R. Finckh. 1997. Diversity of host resistance within the crop: Effects on host, pathogen and disease. In H. Hartleb, R. Heitefuss, and H. H. Hoppe, eds., *Plant Resistance to Fungal Diseases*, 378–400. Jena, Germany: Fischer Verlag.
- Zhu, Y., H. Chen, J. Fan, Y. Wang, Y. Li, J. Chen, J. Fan. S. Yang, L. Hu, H. Leung, T. W. Mew, P. S. Teng, Z. Wang, and C. C. Mundt. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406:718–722.

У.У. ЗУ, У.У. ВАНГ и Ж.Х. ЗОУ

Текущая современная сельскохозяйственная практика, в которой при высоких затратах получается высокая урожайность сыграла крайне важную роль в увеличении производительности риса, для удовлетворения растущего спроса на продовольствие, а также значительно внесла вклад в продовольственную безопасность в Китае (Lu, 1996a, 1996b).

Хотя данная интенсивная культивация в основном нескольких улучшенных высокоурожайных сортов на обширных фермерских рисовых полях, и долгосрочное использование большого объема химических удобрений и пестицидов значительно повредила рисовую экологическую систему, сделав среду сельскохозяйственного производства уязвимой. В результате этого, появление болезней стало более распространенным явлением, а эволюция патогенов стала протекать быстрее. Циклы эпидемий и вспышек заболеваний также участились (Shigehisa, 1982; Bonman и др., 1992; Dai и др., 1997; Zhu и др., 2000a, 2000b). Все данные факторы повлияли на значительное снижение урожайности зерновых культур.

Пирикулярриоз риса, вызванный *Pyricularia oryzae* Sacc. (телеоморфа *Magnaporthe grisea* Barr.), является одним из эпидемических заболеваний, который стал ограничивающим фактором производства риса в Провинции Юннань, юго-западная часть Китая. Большие объемы химических удобрений и пестицидов не принесли результатов в борьбе с пирикулярриозом риса. Напротив, они привели к ухудшению экосистемы риса и ограничили дальнейшее увеличение рисовой производительности. Данная глава освещает то, как биоразнообразие использовалось для борьбы с пирикулярриозом риса, где использовались смеси различных рисовых сортов (вставка 12.1), и каким образом изучалось генетическое разнообразие грибов пирикулярриоза риса. (Shigehisa, 1982; Staskawicz и др., 1995; Baker и Staskawicz, 1997).

Генетическое разнообразие сортов риса в смешанной посадке.

Провинция Юннань, расположенная на юго-востоке Китая, известна богатым биоразнообразием и считается территорией, которая является центром

Вставка 12.1 Смеси сортов растений в Китае

Когда традиционные клейкие сорта, восприимчивые к пирикулярриозу риса высаживались с устойчивым современным гибридным рисом, то в результате на 94% сокращалась заболеваемость у чувствительных сортов. Урожайность клейкого риса на один га на смешанных полях составляла на 84% выше, чем на фермерских хозяйствах с монокультурой, урожайность гибридного риса в смесях падала лишь на 1%. (Zhu и др., 2000a), что приводило к увеличению дохода у фермеров. Простота и эффективность данного подхода способствовала активному участию фермеров. Чередование низкорослых и высокорослых рисовых сортов стала преобладающей особенностью на многих полях Провинции Юннань и других провинциях Китая, при этом шло интенсивное применение данной диверсификационной стратегии и к заметному изменению ландшафта сельской местности. С 1998 по 2002 годы территория под смешанные посевы в Китае увеличивалась. Так как увеличивалась территория, то увеличивалось и число сортов, используемых для смешивания. Фермеры начали высаживать на поля современные сорта риса вместе с другими высококачественными, но восприимчивыми к пирикулярриозу традиционные сорта риса и получали прибыль в среднем от 0.5 до 1.0 тонна/га. Быстрое применение схемы диверсификации может быть обусловлено систематической программой внедрения по всей стране с участием областных и сельских чиновников, ученых и сотрудников службы внедрения. Служба внедрения обеспечивала проведение тренингов для фермеров, а также необходимый объем семян в посевной период. Распространение сопровождалось повышением прибыли (средний доход увеличился на 150 долларов с гектара для каждого фермера) и предпочтения фермеров в потреблении отдавались высококачественным сортам риса. Производственная система также влияла на генетическое сохранение высококачественных традиционных сортов риса on-farm, которые не выращивались на протяжении 40 лет по причине их восприимчивости к заболеваниям, но вновь были внедрены в производство.

Концепция диверсификации распространилась и на другие основные культуры для борьбы с вредителями и заболеваниями в Юннане, в частности на пшеницу (*Triticum aestivum*), ячмень (*Hordeum vulgare*), и конские бобы (*Vicia faba*). Как часть системы по выращиванию риса и пшеницы, пшеница и конские бобы высаживались зимой на более 250, 000 га в Юннане. Ржавчина пшеницы, вызванная *Puccinia striiformis*, является основным заболеванием, которое приводит к потерям 20% урожая. Конские бобы являются важной товарной культурой, высаживаемой в тот же период, что и пшеница, но урожайность в основном падает по причине повреждения листьев и стеблей личинкой бобовой мушки (*Ophio-myia phaseoli*). Пшеница и бобы были посажены в междурядьях, в результате чего случаи заболевания пшеничной ржавчиной сократились на 24% в пяти районах Юннань. Ущерб от *Ophio-myia phaseoli* тоже снизился. Подобное смешивание культур сохранило ту же урожайность пшеницы, как и при выращивании монокультуры, но урожайность конских бобов возросла. К концу 2002 года территория под смеси культурных видов (пшеница и конские бобы, ячмень и конские бобы, рапсовое масло и конские бобы, картофель и кукуруза, кукуруза и земляной орех) распространились в провинции Юннань.

Вставка 12.1 Продолжение на следующей странице.

Вставка 12.1 Продолжение.

Хотя подробные механизмы, обуславливающие сокращение вредителей и заболеваемости в смешанных сортах растений ещё предстоит объяснить, наша информация указывает на возможность комбинирования современных и традиционных сортов риса для получения высокого урожая и предоставления высококачественных продуктов питания, а также получения дохода для сельского населения. Путем повторного внедрения традиционных сортов в производительную, но сравнительно разнообразную экосистему *in situ* сохранение может гармонизировать с интенсивными производственными системами. Концепция диверсификации как средство устойчивой производительности распространилась на другие страны, выращивающие рис. В Филиппинах исследования на полях показали, что смешивание сортов может сократить случаи поражения тунгро (*tungro*) – серьезным вирусным заболеванием риса в тропиках. Также планируется провести эксперименты по диверсификации в целях борьбы с пирикулярриозом в Дельте Меконг и Центральной части Вьетнама, где основные выращиваемые культуры больше не имеют устойчивости к заболеваниям. Положительные результаты от подобных различных экосистем могут в дальнейшем поддерживать диверсификацию в качестве важной стратегии в современном сельском хозяйстве.

происхождения одомашненного риса (*Oryza sativa* L.) (Chenег, 1976; Oka, 1988; Shi и др., 1999). Юннань богата генетическими ресурсами риса и новые устойчивые гены были выявлены среди местных сортов риса. (Pan и др., 1998).

Анализ секвенции 30 клонированных генов устойчивости (г) и прогнозируемая секвенция аминокислот показал, что (R) гены классифицируются на пять групп на основе своих обычных молекулярных особенностей (Baker и Staskawicz, 1997). С учетом сохраненной секвенции данных генов, праймеры (или вырождающиеся праймеры) для изолирования фрагментов ДНК можно разработать с секвенциями, соответствующими для мотива сохранения генов R у других видов растений. Анализ аналога устойчивого гена (Resistance Gene Analogue (RGA)) предоставляет эффективный подход для оценки генетического разнообразия и определения генов, претендующих на статус устойчивых генов. Маркеры RGA применялись для характеристики гермоплазмы и селекционных линий в рисе (Chen и др., 1998).

В целом 137 сортов риса были собраны из различных рисовых экологических регионов Провинции Юннань. Сюда вошли традиционные и гибридные сорта, Индика (*Indica*) и Японика (*Japonica*), клейкий и не клейкий рис, а также сорта риса, выращиваемые на предгорных районах. Цель изучения заключалась в том, чтобы оценить разнообразие рисовых сортов в Провинции Юннань, используя анализ RGA цепной реакции полимеразы (pcr). Чтобы определить маркеры

ДНК, касающиеся устойчивости к заболеванию пирикулярриозом. Чтобы предоставить молекулярную основу для селекции сортов риса, устойчивых к заболеваниям и эффективного использования местных сортов риса

Амплификация цепной реакции полимеразы для анализа аналога устойчивого гена (RGA)

Три пары праймеров RGA (S1/AS3, XLRR для/XLRR rev, и Pto- kin1/ Pto- kin2) использовались в данном исследовании (таблица 12.1). Секвенция праймера цепной реакции полимеразы была разработана на основе сохраненного мотива генов устойчивости Ха21 гена (LRR) для XLRR для XLRR rev и секвенция кодов ДНК для протеинкиназа в гене Pto для Pto- kin1/Pto- kin2 и гене N (NBS-LRR) для S1/AS3. Используя данные пары праймеров, можно просканировать три данных вида секвенции в общем геноме ДНК и выявить фрагменты соответствующих генов устойчивости с NBS- LRR, LRR, и Pto. Процедуры для амплификации цепной реакции полимеразы, денатурированный полиакриламидный гель электрофореза и окрашивание серебром были заимствованы у Чена и др. (1998).

Кластерный анализ

Чтобы определить генетическую связь между сортами риса, все амплифицированные полоски изучались как доминантные генетические признаки. Анализ кластера был осуществлен на основе бинарных данных среднего невзвешенного показателя пар групп для правил амалгамации и процент несовместимости для измерения при применении метода объединения (формирование кластеров деревьев) statistica (выпуск 4.5).

Таблица 12.1. Полиморфизм 137 сортов риса на основе праймеров аналога гена устойчивости.

Праймеры	секвенции полосок 5'-3'	№ амплифицированных полосок	Полиморфные полоски число	%
S1	GGTGGGGTTGGGAAGACAACG	82	48	58,5
AS3	IAGIGCIAGIGGIAGICC			
XLRR for	CCGTTGGACAGGAAGGAG	41	23	56
XLRR rev	CCCATAGACCGGACTGTT			
Pto-kin1	GCATTGGAACAAGGTGAA	52	28	54
Pto-kin2	AGGGGGACCAACACGTAG			
Total		175	99	57

Полиморфизмы ДНК, выявленные RGA -ПЦР

Полоски RGA обозначенные тремя парами праймеров продемонстрировали высокий уровень межвидового полиморфизма. Общее число полосок из этих сортов риса, полученных от трех пар праймеров, варьировалось от 30 bp до 2kb и их средние полиморфизмы показаны в таблице 12.1. Полоска 350 – пар оснований произошедшая из XLRR для/XLRR rev была специфична к сортам *Japonica*. Различия *Indica*–*Japonica* между частичным RGA возможно явился результатом долгого взаимодействия и коэволюции патогена риса в различных условиях окружающей среды.

Анализ различий

Распределение и эволюция rga геномах растений частично отражает устойчивость к болезням растительных видов. Кластерный анализ выполнялся на основе данных трёх пар праймеров используя правило невзвешенного среднего показателя парных групп для слияния (связи), а также процентную разницу для измерения расстояния при использовании метода объединения (формирование кластеров деревьев). В целом, среди изучаемых сортов наблюдался значительный полиморфизм rga. Сорта были разделены на три линейные группы на основе данных исчерченности rga на уровне 96% различий. Сорта первой группы включали *Japonica* и несколько местных сортов. Большинство сортов во второй группе включалае *Indica*, а также несколько сортов *Japonica*, такие как Ксунза 29, Ксунза 36, Лиминг 251, Джингуо 92, и Хуангкенуо. Известно, что Ксунза 29 и Ксунза 36 являются рисовыми гибридами *Japonica* выведенными из *Indica*. Сорта в третьей группе были *Indica*. Различия между традиционными сортами у которых были одинаковые материнские и отцовские структуры вирировались от 8% до 70%. Данная дифференциация, вероятно вызвана методом направленного отбора, а также стабилизационного отбора при селекции риса.

Исчерченность RGA, а также дендограмма, полученная при анализе кластеров, продемонстрировала более высокую степень полиморфизма у рисовых сортов *Indica*, чем между *Indica* и *Japonica* с одной стороны и *Japonica* с другой. Это может быть одной из причин, того, что подавление пирикулярриоза риса путём смешанной посадки или ротации между сортами *Indica* или между сортами *Indica* и *Japonica* было более эффективным, чем среди сортов *Japonica* (Zhu и др., 1999a).

Генетическое разнообразие пирикулярриоза риса в смесях

В общей сложности, был собран 251 штамм с полей монокультур и смесей в округе Шипинг в 1999 и 2000 гг. и протестирован на предмет патогенности с использованием кластерных данных ДНК (24 штамма со смешанных полей, 28 штаммов с гибридных монокультурных полей, а также 10 штаммов с глютиноузных монокультурных полей). При проведении генетического анализа разнообразия использовались два праймера (pot2-1:5' cggaagccctaaagctgttt3' и pot2-2:5' ccctcattcgctcacagttc3').

Особый вид исчерченности был зафиксирован при использовании двух праймеров в комбинации с условиями ПЦР, которые были благоприятными для амплификации длинных фрагментов. Амплифицированные диски варьировались в диапазоне от 400 bp до более чем 23 kb, а количество полиморфических дисков составляло порядка 83.7%. Дендограмма была построена при помощи данных ПЦР на основе повторяющегося элемента Pot2.

113 штамм в 1999 г. был сгруппирован в четыре генетические линии (G1, G2, G3, and G4) на расстоянии 0.65 сцепления, а 138 в 2000 г. были сгруппированы в 6 генетических линий 0.65 длины сцепления (G1', G2', G3', G4', G5', and G6'). Каждая генетическая линия содержала разнообразные культивируемые структуры и штаммы. G1 (G1') охватывали 134 штамма, из которых 95 штамма были получены с полей засеянных гибридными монокультурами, а другие 39 были получены с полей засеянных смесями. Было 11 штаммов в G2 с полей засеянных глютиновыми монокультурами и 20 штаммов с полей, засеянных смесями. G3 (G3') содержали 25 штаммов, из которых 7 были с полей засеянных глютиновыми монокультурами, а 18 были с полей, засеянных смесями. G4 (G4') включали 57 штаммов, из которых 55 были с полей, засеянных глютиновыми монокультурами, и только 2 были от смесей. Было 4 штамма принадлежащие к G5' и G6', из которых 2 из G5' были с полей, засеянных смесями и 2 штамма из G6' были с полей засеянных глютиновыми монокультурами.

На полях с монокультурой наблюдалось меньше генетических линий и при этом более доминантных, чем на полях со смесями. G1 (G1') была доминантной линией на полях с гибридной монокультурой. Не наблюдалось больших изменений в составе генетических линий между 1999 и 2000 гг. Разнообразие сортов риса для возбудителей болезней стабилизирующую среду.

Физиологический расовый состав штаммов пирикулярриоза риса с полей, засеянных монокультурами и смесями

62 штамма в 2000 были разделены на различные физиологические расы на основе их устойчивости или восприимчивости с семью различными сортами. Было получено 7 рас, принадлежащих 6 группам (zb, zc, zd, ze, zf, and zg) на полях со смесями, 4 расы принадлежащие 4 группам (zc, zd, ze, and zg) на полях глюциновых монокультур, а также 10 рас, принадлежащих 3 группам (za, ab, and zc) на полях гибридных монокультур. На полях со смесями было больше групп, чем на полях с монокультурами, что свидетельствовало о наличии патогено стабилизирующего отбора. Частота появления доминантной расы на полях с гибридными монокультурами составляла 50.0%, а частота доминантной расы (zg1) на полях с глюциновыми монокультурами составляла 70.0%, что привело к появлению направленного отбора вирулентной расы. Можно сделать вывод, что разнообразие рисовых сортов создало среду, которая уменьшает направленный отбор, ограничивая способность любого патогена становиться более вирулентным.

Воздействие относительной влажности и площади рисовой поверхности на урожайность

Потери в урожайности риса, вызванные пирикулярриозом обусловлены сортом, методами обработки почв, а также климатическими условиями. Было проведено множество исследований по экологическим и климатическим факторам влияющим на динамику пирикулярриоза риса (Kong и Zhou, 1989; Yu и др., 1994; He и др., 1998; Ding и др., 2002). Они продемонстрировали, что патогенная споруляция и устойчивость риса сильно увязаны с температурой, влажностью, осадками, туманом, росой и светом. При температуре, выше 20°C, если при этом роса и туман появляются утром или вечером, то, очевидно, возбудители пирикулярриоза образуют споры быстрее всего (Dong и др., 2001). Конидии не образовывались при относительной влажности выше 93%, и чем выше влажность, тем интенсивнее идёт образование конидий. Развитие спор было обусловлено наличием капель воды, при критическом уровне относительной влажности более 96%. При отсутствии капель воды, когда относительная влажность составляла 100%, только 1.5% конидий образовывали споры (Qui, 1975). Ксу и другие (1979) отмечали, что многие грибковые споры прорастали только тогда, когда уровень влажности был близок к насыщенному, но прорастание шло лучше при наличии капель воды. Яанг и другие (2000) сделали вывод, что споруляция патогенов и заболеваемость сильно связаны с фактором влажности, а споры грибов могут

легко прорасти и становится не дееспособными при насыщенной влажности.

За последние годы, смеси рисовых сортов для контроля пирикулярриоза риса были распространены на площади, более чем 350,000 га, что способствовало экономическому, социальному и экологическому улучшению в провинциях Юннань, Сихуан и Хунан в Китае (Zhu и др., 2000b). Для определения основных факторов, связанных с контролем пирикулярриоза риса на смесях культур, были проведены исследования относительной влажности поля и поверхностной площади рисового холма на предмет наличия капель влаги, что могло бы подвести теоретическую основу под противодействие пирикулярриоза риса путём посадки рисовых смесей.

В процессе данных исследований были изучены один короткостебельный гибридный сорт (Шань63 (Shanyou63)) и два длинностебельные глюциновых сорта (Huangkenuo и Zinuo) (таблица 12.2). Два высокостебельных глюциновых сорта продемонстрировали схожую генетическую устойчивость (схожесть 91%), но наблюдалось большое различие генетической устойчивости между глюциновыми сортами и гибридными сортами (схожесть 59%) (Zhu и др., 1999b).

Когда длинностебельные глюциновые сорта выращивались, чередуясь с коротко стебельными гибридными сортами, поверхностная площадь, покрытая капельками влаги на рисовом холме, была намного меньше. В 2000 году, в отношении монокультур высоко-стеблевых глюциновых сортов, средняя площадь поверхности на рисовом холме покрытая каплями влаги была больше, чем у смесей. Похожие результаты были получены в 2001 году.

Когда длинностебельные глюциновые сорта смешивались с кратко стебельными гибридными сортами, относительная влажность микросреды поля была значительно ниже как в 2000 г., так и в 2001 г. (таблица 12.3).

Вспышки пирикулярриоза риса, а также показатель тяжести воздействия данного заболевания на глюциновые сорта, уменьшался на смешанных участках, при этом не наблюдалось значительной разницы между влиянием монокультур и смеси для гибридного риса, Шань63.

Таблица 12.2. Сорта риса и их агрономические признаки.

Сорт	Тип	Устойчи- вость к пи- рикулярриозу	Период роста (дни)	Высота растения (см)	Вес 1000 штук семян, г	Коли- чество зерен в колосе, шт.	Урожай (кг/га)
Shanyou63	<i>Indica</i>	Устойчивый	158	120	30,3	143	10 250
Huangkenuo	Клейкий	Уязвимый	168	160	30	205	3 975
Zinuo	Клейкий	Уязвимый	165	155	28	198	3 675

Таблица 12.3. Относительная влажность в смеси и монокультуре.

Год	Тип	Диапазон относительной влажности (дни)				
		Сорт	100%	95%-100%	90%-95%	<90%
2000	Монокультура	H	24	11	11	12
	Смесь	H/S	2	14	22	20
	Монокультура	Z	19	13	6	20
	Смесь	Z/S	6	17	12	23
2001	Монокультура	H	19	12	7	20
	Смесь	H/Z	0	9	21	28
	Монокультура	Z	18	7	8	25
	Смесь	Z/S	1	12	16	29

H= Хуангкеную (Huangkenuo) в монокультуре; H/S = Хуангкеную (Huangkenuo) с Шанё63 (Shanyou63); Z = Зиную (Zinuo) в монокультуре; Z/S = Зиную (Zinuo) с Шанё63 (Shanyou63)

Содержание растительного кремния в рисовых сортах

Рис является характерным растением, содержащим кремниевую кислоту. Из минеральных веществ, кремния в рисе больше всего как в процентном соотношении, так и в абсолютном соотношении (Chen и др., 1998; Chen, 1990). Кремний необходим растению, так как он укрепляет его клетки и не даёт возбудителям заболеваний проникать внутрь. Если в рисовом растении недостаточно кремния, то оно намного более восприимчиво к болезням и вредителям, таким как пирикулярриоз риса, бурая пятнистость, рисовая стеблевая гниль (*Sclerotium oryzae* и *S. oryzae* var. *irregularis*), огневка стеблевая азиатская и рисовые дельфациды. Кроме того, нижние листья риса быстро слабеют и это постепенно приводит к расширению верхних листьев; фаза (период) колошения затягивается от двух до трёх дней; зёрна быстро заражаются бурой пятнистостью и пирикулярриозом; а стебли становятся слабее и быстро полегают (Shui и др., 1999; Hu и др., 2001; Chen и др., 2002). Кремний способствует развитию устойчивости к пирикулярриозу (Quin, 1979), а кремний, скопившийся в эпидермисе риса образует кремневые клетки и ороговевший слой который служит механическим препятствием проникновению и распространению возбудителей заболеваний (Yoshida и Kitagishi, 1962; Nanda и Gangopadhyay, 1984). Уровень содержания кремния в рисе напрямую связан с уровнем устойчивости к заболеваниям, вредителям и полеганию; более того, он может улучшить форму растения и повысить урожайность (Hu и др., 2001). Было проведено множество исследований, направленных на изучение кремнесодержащих питательных веществ в почве и в сельскохозяйственных культурах, включая изучение воздействия кремниевых удобрений на устойчивость к заболеваниям и на урожайность (Ye, 1992; Hu и др., 2001).

Так как было продемонстрировано, что внутривидовая сортовая диверсификация может быть эффективной для борьбы с пирикулярриозом риса (Zhu и др., 2000a), технология масштабного смешанного посева была распространена на 10 провинциях Китая, включая провинцию Юннань. Устойчивость к заболеванию среди высококачественных восприимчивых сортов резко возрастает на смешанных рисовых полях, на фоне того, что наблюдается уменьшение применения фунгицидов и полегание высокостебельных сортов, и увеличение урожайности зерна высококачественного риса с высоким уровнем содержания клейковины. В тоже время, достигаются экономические, социальные и экологические выгоды (Zhu и др., 2000a).

Для того, что бы понять механизм сортовой диверсификации смесей на предмет борьбы с пирикулярриозом и полеганием, были отобраны два сорта для смешанного посева с целью изучения содержания кремния в смесях и монокультурах. В результате могла бы быть обеспечена научная база для сортовых комбинаций, которые являются эффективными при проведении экспериментов с диверсификацией по борьбе с пирикулярриозом и полеганием.

Два традиционных сорта включали высокостебельной глюциновый сорт и высокостебельной горный сорт высокого качества, но восприимчивый к пирикулярриозу и быстро полегающий. Также был включён один высоко урожайный гибридный короткостебельной сорт, устойчивый к пирикулярриозу. Для эксперимента было отобрано поле средней плодородности в деревне Донгонг, округ Миль, провинции Юннань. Проведение эксперимента и данные о структуре участка были описаны у Зу и других. (2000b). На всех участках работали научные сотрудники и все они обрабатывались одинаково, как смешанные сорта без применения фунгицидов.

Были отобраны образцы для проведения сканирования форм и количества кремниевых клеток электронным микроскопом (Scanning Electron microscope (sem)); другая категория образцов была отобрана для измерения уровня содержания кремния.

Пирикулярриоз риса был изучен за семь дней до сбора урожая. Каждая метёлка была визуально изучена опытным учёным на предмет определения процента веточек, поражённых некрозом в следствии развития инфекции *Magnaporthe grisea*, при этом каждой метёлке присваивался балл от 0 до 5, подразумевая, что заболеваемость на уровне 0 означает отсутствие заболевания, а 5 указывает на то, что 100% веточек метёлки поражены некрозом. Были собраны обобщённые данные по тяжести заболеваемости на каждом участке $\{[(N_1 \times 1) + (N_2 \times 2) + (N_3 \times 3) + (N_4 \times 4) + (N_5 \times 5)] / N_0 \dots N_5\} \times 100$, где $N_0 \dots N_5$ количество стеблей в каждой из категорий заболеваемости.

Таблица 12.4. Содержание кремния в стеблях риса (%)

Сорт	Стадия роста	Тип	Репликация	Репликация 2	Репликация 3	Среднее значение	Коэффициент увеличения	T-тест ($t_{0,05} = 2,78$)
Хуангкуню (Huangkuniu)	Трубкавание	Монокультура	8,11	7,57	7,22	7,63	14,68	3,89*
		Смесь	8,64	8,61	8,99	8,75		
	Созревание	Монокультура	7,52	7,51	8,05	7,69	11,83	3,14*
Милексианггу (Milexianggu)		Смесь	8,28	8,48	9,04	8,60		
	Трубкавание	Монокультура	6,4	6,37	6,89	6,55	14,81	3,13*
		Смесь	7,03	7,91	7,63	7,52		
	Созревание	Монокультура	6,63	5,48	5,55	5,89	16,47	3,13*
		Смесь	6,28	6,8	7,51	6,86		

*Значительно отличается на уровне .05

Очищенные рисовые стебли были сильно измельчены для определения уровня содержания кремния. Средний показатель содержания кремния у традиционных сортов в смесях был выше, чем в монокультурах (таблица 12.4). Разница в уровне содержания кремния в смесях и монокультурах была довольно значительной за исключением Milexianggu на стадии созревания.

Для проведения анализа с помощью электронного микроскопа (sem), были подготовлены образцы (Revel и др., 1983), а потом было проведено их изучение на KYKY-1000B sem (усиленная мощность 800X, ускоряющее напряжение 18 kV) для определения формы и количеств кремниевых клеток.

На смешанных полях был оказано серьёзное воздействие на форму и количество котикулярных кремниевых клеток. sem (800 ×) продемонстрировал, что форма и количество кремниевых клеток традиционных сортов в смесях сильно отличается от форм и количества в монокультурах. Кремниевые клетки традиционных сортов на смешанных полях были больше по размеру и по количеству, чем в монокультурах.

Пирикулярриоз риса, полегание посевов и урожайность на смешанных полях.

Смесь традиционных и современных сортов может быть весьма эффективной для контроля пирикулярриоза риса. Заболеваемость, показатель тяжести пирикулярриоза, а также уровень полегания традиционных сортов были значительно ниже (таблица 12.5). Результаты исследований, проведённых в 1998–2002 годах продемонстрировали, что заболеваемость среди традиционных сортов в монокультурах составила 5.73-100%, а индекс болезни составил 0.011-0.804, а на смешанных полях данные показатели составили лишь 1.14-58.79% и 0.0024-0.328, соответственно. У современных сортов, заболеваемость среди монокультур составила 1.3-81.9%, а индекс болезни был 0.0026-0.486, а на смешанных полях данные показатели составили 1.27-65.1% и 0.0045-0.297, уменьшившись, соответственно на 36.75% и 39.82%.

Из-за экологических различий в местности, где производится посев, а также из-за разницы в устойчивости сортов, наблюдалось значительное различие в эффективности контроля пирикулярриоза риса в тех или иных регионах, а также тех или иных сортовых комбинациях. Однако, посадка на смешанных полях всегда была более эффективна с точки зрения уменьшения заболеваемости пирикулярриозом, по сравнению с монокультурой.

В смешанных посадочных системах, совокупный урожай составил 8,577.9 кг/га, что включал в себя средний урожай как современных, так и традиционных

Таблица 12.5. Пирикулярриоз риса и коэффициент полегания.

Сорт	Полегание			Пирикулярриоз		
	Тип	Коэффициент (%)	Устойчивость (%)	Доля (%)	Коэффициент сокращения (%)	Показатель воздействия неблагоприятных условий
Хуангкеноу (Huangkenou)	Монокультура	99,38	0,62	56,02**	77,26	43,61**
	Смесь	0	100	12,74**		7,55**
Милексиангу (Milexianggu)	Монокультура	97,68	2,32	66,2**	80,80	42,7**
	Смесь	0	100	12,71**		8,11**
						82,69
						81,01

** Значительно отличается на уровне 01

Таблица 12.6. Количество сортов используемых для посадки на смешанных полях в провинции Юннань.

Сорта	1998	1999	2000	2001	2002
Традиционные	2	4	40	62	94
Современные	2	3	12	15	20
Комбинация	4	8	65	121	173

сортов, 8,044 кг/га и 533,9 кг/га, соответственно. В монокультурных системах, средний урожай современных сортов составил 8,060.5 кг/га, а у традиционных сортов - 3,663 кг/га. Таким образом, совокупный урожай на смешанных полях как у современных, так и у традиционных сортов был выше чем в случае с монокультурами, будь то современные или традиционные сорта.

Расширение масштаба смешано-сортовой посадки

Расширение смешанно-сортовой посадки до значительных масштабов ведётся с 1998 года, при этом отбирается всё больше и больше сортов для формирования различных комбинаций (таблица 12.6). В 1998 году, расширение посадки рисовых смесей для осуществления контроля пирикулярноза проводилось в Баксинге, Маохе, Баоксио, Яфангзи и в округах Таочуни Шипинг на территории 812 га. В 1999 году смешанная посадка проводилась в шести округах, включая префектуры Шипинг, Жианшуи, Хонгхе, на площади 3,534 га. Площади были увеличены до 34,740 га в более чем 40 районах в 2000 г., 84,467 га в 2001 г., и 136,189 га в 2002 г. Общая площадь в 15 префектурах провинции Юннань выросла до 259,742 га с 1998 г. до 2002 г.

Сортовые комбинации

Сортовая комбинация основывалась на результатах комплексного анализа особенностей сортов, их агрономических характеристик, экономической ценности, местных условий обработки почвы, а также земледельческих привычек фермеров. Критерием отбора по устойчивости являлось наличие генетической схожести на уровне менее 70%, с с применением анализа rga. Высокие сорта объединялись с короткими, исходя из требования, что разница в росте должна быть более 30 см, а разница в зрелости не более 10 дней. Для стимулирования участия фермеров, смешанные посадки должны были обеспечить взаимодополняющий экономический эффект и

отвечать требованиям как высокой урожайности, так и высокого качества. Отбор традиционных сортов для последующей смешанной посадки с современными, осуществлялся на основе учёта местных сельскохозяйственных условий, включая ирригацию, плодородие почвы, производительность почвы, а также уровень подъёма. В то же время, для смешанной посадки отбирались сорта предпочитаемые фермерами, для того, что бы не нарушить местные сельскохозяйственные привычки.

Процедура посадки

Для удобства сбора урожая, требовалось что бы у различных сортов было одно и тоже время сбора урожая. Поэтому, посадка была скорректирована исходя из периода произрастания тех или иных сортов. Например, высокие, высококачественные традиционные сорта Нуодао, Ксингдао, Зидоа и Руанзими были посажены на 10 дней раньше, чем современные высоко урожайные гибридные сорта. Посадочный материал был пересажен в поле из питомников в апреле и мае. Делянки для обследований были отобраны методом случайной выборки, что бы зафиксировать факт возникновения пирикулярноза, и урожая риса к каждой области. Была использована система балловой оценки, описанная в Китайском Государственном Стандарте (Неизвестный автор, 1996), и урожаи были высокими.

Обучение

Так как фермеры являлись основными реализаторами смешанной посадки, было важно повысить их информированность, что бы они могли осознанно применять соответствующие методы посадки.

В рамках сельскохозяйственных совещаний, проводимых на различных государственных уровнях, для глав деревень, с целью завоевания их поддержки, был предоставлен тренинг на предмет ознакомления с социальным и экологическим воздействием смешанных посадок. В то же время, были представлены методы, процедуры, а также основные моменты методов посадки, и ключевые меры, связанные с расширением, для того, что бы лидеры деревень могли бы выступать в качестве технических кураторов. Специалисты по агротехнике являлись основными проводниками широкого внедрения техники, таким образом, становясь основным объектом технического обучения. В 15 префектурах провинции Юннань было организовано 93 тренинг центра

по агротехнике. Прошедшие там подготовку специалисты-агротехники, позже организовывали тренинги для фермеров деревни в вечернее или иное свободное время, на базе фермерских школ. В период роста культур в питомниках, а также в период пересадки, полевые агротехнические приёмы демонстрировались администрации деревни, а также представителям фермеров. Позже, опытные фермеры стали руководить данной работой. Для внедрения данной методики широко использовались радио, телевидение, а также плакаты. В 2002 году в Дали, Кунминге, Дехонге, Лиджианге, Симао, Заотонге, Чуксионге, Лукси, Ксянгуне и Бинчуане были созданы 33 демонстрационные станции, 3 телевизионные станции, а также 29 пунктов по распространению компакт дисков. В провинции Юннань было отпечатано 382 000 подборки обучающего материала, проведено 836 выпуска ТВ программ и слайдовых презентаций, а также организовано 5,871 тренинг курс. Общее количество фермеров, прошедших тренинг составило 929,000 человек.

Чрезвычайно важной составляющей данного процесса расширения являлись демонстрационные поля. Между 1998 и 2002 гг., 64,133 га подобных полей был организовано в 90 округах 15 префектур. В Миле, Джияншуи, а также Тенгчонге, было создано 6,667 га постоянно функционирующих демонстрационных полей стандартной культивации, и это дало значительный толчок данному процессу внедрения.

Заключение

Исходя из вышеуказанных результатов, мы можем сделать вывод, что диверсификация сортов является эффективным решением проблемы уязвимости монокультурных сортов к болезням. Как теоретическое изучение, так и наблюдения указывают на то, что генетическая неоднородность обеспечивает более эффективное подавление заболеваний при использовании на большей площади. Наши результаты подтверждают то мнение, что диверсификация сельскохозяйственных культур обеспечивает внедрение экологического подхода к вопросу контроля заболеваний, что способствует устойчивости сельскохозяйственного производства на фоне сокращения применения фунгицидов. Наши результаты также доказывают, что совместные усилия учёных, институтов и фермеров являются основным фактором успешной разработки и распространения эффективных диверсификационных технологий. Широкое использование диверсификационных технологий зависит от их простоты, эффективности и способности дать фермерам явный экономический эффект.

С другой стороны диверсификация сортов не смогла решить проблему контроля заболеваний и получение устойчивого урожая в современном сельском хозяйстве. Необходимо провести больше исследований для поиска наилучших вариантов для тех или иных целей, а также для того, что бы вывести сорта с особым применением при смешанной посадке.

Литература

- Anonymous. 1996. *Rules for Investigation and Forecast of the Rice Blast*. The State Standard of the People's Republic of China, No. Gb/t 1579 0 –1995, 1–13. Beijing: China Standard Press.
- Baker, J. and Z. J. Staskawicz. 1997. Signaling in plant–microbe interactions. *Science* 276:726–733.
- Bonman, J. M., G. S. Khush, and R. J. Nelson. 1992. Breeding rice for resistance to pests. *Annual Review of Phytopathology* 30:507–528.
- Chen, J., G. Mao, G. P. Zhang, and H. D. Guo. 2002. Effects of silicon on dry matter and nutrient accumulation and grain yield in modern Japonica rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Sciences)* 28(1):22–26.
- Chen, X. M., R. F. Line, and H. Leung. 1998. Genome scanning for resistance gene analogs in rice, barley and wheat by high- resolution electrophoresis. *Theoretical and Applied Genetics* 97:345–355.
- Chen Y. Q. 1990. Characteristics of silicon uptaking and accumulation in rice. *Journal of Guizhou Agricultural Sciences* 6:37–40.
- Cheng, T. T. 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and African rice. *Euphytica* 5:425–441.
- Dai, S. F., Z. H. Ye, Y. Z. Cao, and Y. Y. Guo. 1997. Disaster- causing characters and disaster- reducing strategies of crop pests in China. *Chinese Journal of Applied Ecology* 10:119–122. [in Chinese]
- Ding, K., G. Tan, Z. Gao, and B. Ji. 2002. Effects of ecological factors on infection process of *Pyricularia grisea*. *Chinese Journal of Applied Ecology* 13(6): 698–700.
- Dong, J., H. L. Li, J. M. Wang, A. Y. Ding, J. Chen, J. H. Zhu, W. Wang, B. D. Li, and Y. Q. He. 2001. *Agricultural Plant Pathology* (northern edition), 2–7. Beijing: China Agricultural Press.
- He, M., D. Lu, and J. Mao. 1998. The effect of key ecological factors on rice blast disaster. *Journal of Southwest Agricultural University* 20(5):392–395.
- Hu, R., S. Fang, and G. Q. Chen. 2001. Effects of silicon ion the physiological targets and yield of modern rice. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)* 27(5):335–338.
- Kong, P. and R. Zhou. 1989. The multi- effect and modeling of dew temperature and time and nitrogen application on infection on *Pyricularia grisea*. *Acta Phyto-pathologica Sinica* 19(4):223–227.
- Lu, L. S. 1996a. Agriculture and agricultural science and technology in the 21st century. *Science and Technology Review* 12:1–8. [in Chinese]
- Lu, L. S. 1996b. The current status, perspectives and strategy of modern agriculture development. *Science and Technology Review* 2:41–44. [in Chinese]
- Nanda, H. P. and S. Gangopadhyay. 1984. Role of silicated cells in rice leaves on brown spot disease. *International Journal of Tropical Plant Disease* 2:89–98.
- Oka, H. I. 1988. *Origin of Cultivated Rice*. Tokyo: Japan Scientific Societies Press.
- Pan, Q. H., L. Wang, T. Tanisaka, and H. Ikehashi. 1998. Allelism of rice blast resistance genes in two Chinese rice varieties and identification of two new resistance genes. *Plant Pathology* 47:165–170.
- Qin, S. 1979. The analysis about the effects of rice resistance diseases and increasing yield using silicon fertilizer. *Zhejiang Agricultural Sciences* 5:12–15.
- Qiu, W. 1975. *Agricultural Plant Pathology*, 1–11. Beijing: Agricultural Press.

- Revel, J. P., T. Bernard, G. H. Haggis, and S. A. Bhatt. 1983. Science of biological specimen preparation for microscopy and microanalysis. In *Proceedings of the 2nd Pfefferkorn Conference*. O'Hare, IL: sem Inc.
- Shi, Z. M., S. C. Qin, and S. H. Jiang. 1999. *Famous Flowers from Yunnan*. Kunming, Yunnan, China: Yunnan Science and Technology Press. [in Chinese]
- Shigehisa, K. 1982. Genetics and epidemiological modeling of breakdown of plant disease resistance. *Annual Review of Phytopathology* 20:507–528.
- Shui, M., D. Chen, S. C. Qin, and S. H. Jiang. 1999. The silicification of young tissues of rice and relationship with its resistance to blast of rice. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 5(4):352–358.
- Staskawicz, B. J., F. M. Ausubel, J. Baker, J. G. Ellis, and J. D. G. Jones. 1995. Molecular genetics of plant disease resistance. *Science* 268:661–667.
- Xu, Z. G., X. B. Zhen, H. F. Li, H. S. Shang, and W. Z. Liu. 1979. *Common Plant Pathology*, 2nd ed., 2–7. Beijing: China Agricultural Press.
- Yang, X. M., G. Q. Li, X. Li, J. G. Wang., L. Li. 2000. *Plant Ecological Phytopathology*, 51–52. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press.
- Ye, C. 1992. The relationship between soluble- silicon in soil, yield grain and rice physiology. *Journal of Agricultural Science Translation Series* (1):24–27.
- Yoshida, S. and K. Kitagishi. 1962. Histochemistry of silicon in rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition* 8(1):30–41.
- Yu, L., J. Y. Zhang, and W. J. Fan. 1994. The effect and forecast of weather factors on rice blast. *Heilongjiang Weather* (2):35–36.
- Zhu, Y. Y., J. X. Fan, Y. H. Wang, and S. F. Yu. 1999a. Demonstration trial of mixture variety culture for rice blast management. In S. Yu, ed., *Symposium of the Key Laboratory for Plant Pathology of Yunnan Province*, Vol. 2, 93–100. Kunming, Yunnan, China: Yunnan Science and Technology Press. [in Chinese]
- Zhu, Y. Y., Y. Y. Wang, H. R. Chen, J. H. Fan, J. B. Chen, and Y. Li. 1999b. Exploiting crop genetic diversity for disease control: A large-scale field test. In *Articles Collection of Key Laboratory for Plant Pathology of Yunnan Province*, 75–80. Kunming, Yunnan, China: Yunnan Science and Technology Press.
- Zhu, Y. Y., H. R. Chen, J. H. Fan, Y. Y. Wang, Y. Li, J. B. Chen, J. X. Fan, S. S. Yang, L. P. Hu, H. Leung, T. W. Mew, P. S. Teng, Z. H. Wang, and C. C. Mundt. 2000a. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406:718–722.
- Zhu, Y. Y., H. R. Chen, J. H. Fan, Y. Y. Wang, Y. Li, J. B. Chen, Z. S. Li, J. Y. Zhou, J. X. Fan, S. S. Yang, M. G. Liang, L. P. Hu, C. C. Mundt, E. Borromeo, H. Leung, and T. W. Mew. 2000b. Current status and prospects of mixture planting for the control of rice blast in Yunnan [A]. In T. W. Mew, E. Borromeo, and B. Hardy, eds., *Impact Symposium on Exploiting Biodiversity for Sustainable Pest Management*, 21–23. Kunming, Yunnan, China: International Rice Research Institute.

Х. БРУКФИЛД И К. ПЭДОК

Биоразнообразием управляют фермеры. С одной стороны, они могут минимизировать его, высаживая на тысячах гектарах какую-то одну, охраняемую, культуру, усиленную химикатами либо, с другой стороны, создать разнообразный ландшафт с множеством культур и деревьев, перемежающихся с изгородями и лесными массивами. Данная глава в значительной мере отличается от вопросов, обсуждаемых в предыдущих главах. Она рассказывает об управлении разнообразием на уровне целых фермерских хозяйств и сельскохозяйственных регионов, включая не только агробиоразнообразие, но также природное и иное управляемое разнообразие.

В данной главе биоразнообразие на сельскохозяйственных ландшафтах, также рассматривается в более широком временном масштабе. Благодаря севообороту и модифицированию, а также управлению природным подростом после сбора урожая, фермеры обеспечивают постоянное выращивание культур. Фермеры используют сезонные изменения водных и почвенных условий для того, что бы внедрить либо стимулировать те растительные комплексы, которые могут выжить и развиваться в разных сезонных условиях. Некоторые фермеры решают проблему деградации почв, засоленности и заболачивания путём изменения методов контроля для того, что бы компенсировать и таким образом, создать мозаику использования земельных ресурсов, которые были бы лучше адаптированы к экологическим тенденциям. Все перечисленные явления оказывают влияние на разнообразие на уровне ландшафта. Цель данной главы – шире изучить подобные изменения и обсудить некоторые из научных работ, проведённых для их понимания и оценки.

Сельскохозяйственный ландшафт

Большое количество работ в области биоразнообразия, проведённых за последнее время, фокусировалось на небольших участках и детальном анализе. С другой стороны, рекогносцировочные работы с целью сохранения, часто проводились на тех обширных площадях, которые, как предполагается,

представляют особую ценность и в отношении которых предлагался или применялся режим охраны. В рамках более специализированного исследования сельскохозяйственного разнообразия (агробιοразнообразия), отбор, производимый фермером, целенаправленный или случайный, является чрезвычайно важным явлением. Таким образом, фермерские хозяйства и поля, фруктовые сады, огороды, земли под паром и пастбища, становятся значительными элементами для проведения выборки и исследования. Фермеры, также являются разнородной группой людей.

Биоразнообразие формируется на участках, поля объединяются в фермерские хозяйства, а фермерские хозяйства объединяются в сельские сообщества. Если мы заинтересованы в поддержании биоразнообразия в условиях *on farm*, то нам необходимо обратить внимание на те области, в которых метапопуляции, взаимосвязанные дрейфом генов и подлежащие изменению и замене, обладают каким-то значением. Всё объединяется, потом, на уровне где-то между участком или полем и крупным регионом. Именно там обозначается структура разнообразия, там функционируют её генерирующие процессы, и там можно наблюдать и понять подобную взаимосвязь. Это – ландшафт, но нам нужно дать ему более ясное определение, перед тем как мы начнём.

Как научное понятие, в противоположность своему качественному значению образа, наблюдаемого с какой-либо точки обзора, понятию ландшафт нелегко дать определение. Оно пришло в англоязычную науку из немецкой географии в конце 19-го века, где понятие *Naturlandschaft* и *Kulturlandschaft* отдельных регионов были проанализированы, и иногда проанализированы комплексно. Анализ зависел от карт, а в настоящее время от дистанционных датчиков, но определение остаётся увязанным с тем, что видимо на уровне земли и, таким образом, элементы ландшафта определяются в рамках топографического диапазона масштабов. Они стали актуальны в экологии с 1970-х, в процессе эволюции понятия участков и мозаики участков, а Форман (1995:13) удачно определил ландшафты как территории, в которых комбинация местных экосистем и землепользования повторяется в схожей форме на обширной площади. На основе имперических письменных свидетельств об экологии и земном покрове, ландшафтные области могут варьироваться от нескольких километров до нескольких сотен километров и даже больше, когда речь идёт о слабо населённых районах с недостаточно подробно описанной историей ландшафта. Даже небольшая по размерам территория содержит микро-экологическое разнообразие, часто динамическое. Различные системы управления, адаптированные к подобному разнообразию создают особенности землепользования.

Если оставить в стороне чистую науку, то наиболее общая цель анализа

биоразнообразие на уровне ландшафта является измерение или расчёт изменений, возникших в результате её использования человеком, а также изменения условий подобного использования. Это стало особенно важным в свете значительных изменений, которые произошли с 19-го века и особенно, с 1950-го года. Рост населения являлся основной движущей силой, причём общая численность населения по всему миру возросла с 1.2 5 миллиарда до более, чем 6 миллиардов с 1850 года. Начиная с 1950 года серьёзные изменения произошли в сельском хозяйстве, причём был достигнут значительный прогресс с точки зрения производительности, однако на фоне серьёзных экологических последствий. Общеизвестно, что было потеряно большое количество видов и генетического разнообразия, как на территориях где внедрялись современные сельскохозяйственные технологии, так и там где их не было.

Потребовалось менее чем 30 лет действия того, что уже называется традиционной сельскохозяйственной технологией, пока такие последствия как загрязнение, потеря и ухудшение состояния почвенных ресурсов, обезлесивание и гомогенизация ландшафта, генетическая эрозия и объединение территорий, непригодных для механизации и применения химикатов, стали поводом для серьёзного беспокойства как для политиков так и для небольшого числа фермеров. В тех регионах, которые претерпели наибольшие изменения из-за внедрения новых технологий, данные опасения стали более актуальными чем опасения, которые были раньше и всё ещё остаются широко распространёнными, из-за активизации влияния человеческого фактора.

В Европе, где только 3% ландшафта обладает тем, что можно описать как естественную растительность, и где 44% ландшафта управляется фермерами, проблема деградации земельных ресурсов и другие изменения, стали поводом для общественного беспокойства уже в 1980 году. К 1990-му году, данные опасения положили начало тому, что в настоящий момент являет собой коренные изменения стандартной сельскохозяйственной политики Европейского Союза. Сюда входят основные стандарты управления окружающей средой, которые применимы в отношении всех фермеров, которые получают субсидии, а также финансируемые отдельно, агро-экологические программы, которые реализуются сейчас во всех странах-членах хотя и с разным уровнем участия (Piogt, 2003). Охвачено, приблизительно одно фермерское хозяйство из каждых семи, и на порядка 17% пахотных земель на территории Евросоюза в границах до 2004 реализуется та или иная агро-экологическая программа (Bureau, 2003). С учётом того, что практически вся территория Евросоюза подвержена антропогенному землепользованию, решение проблем должно быть найдено в контексте управления земельными ресурсами. Одни агро-экологические программы касаются лишь проблем уменьшения концентрации скота, другие

являются более созидательными и предполагают создание или воссоздание живой изгороди и поросли для соединения оставшихся лесных массивов, а также для сегментации всего расчищенного пространства, которое значительно расширилось с 1950 г. Целью является восстановить определённый уровень разнообразия в общей структуре соответствующих сред обитания на уровне ландшафта.

Характеристики биоразнообразия на уровне ландшафта: Европа и развивающиеся страны

Хотя редко подвергается сомнению тот факт, что разнообразие исчезает, изменения, фиксируемые при проведении мониторинга продолжают ставить перед учёными новые задачи. Европейцы готовы к тому, что часть собираемых с них налогов будет тратиться на восстановление сельскохозяйственной среды, и фермеры, участвующие в агро-экологических программах, получают определённую плату за это. Это создаёт потребность в мониторинге, и на протяжении ряда лет ведётся всё более активная работа для того, что бы изыскать пути характеристики и мониторинга изменений биоразнообразия на уровне ландшафта. Хотя Европа очень отличается от развивающихся стран, где сконцентрирован наиболее крупный объём разнообразия, относительно сложная картина землепользования, которая до сих пор присутствует на значительной части континента, делает его похожим больше на ситуацию в развивающихся странах, чем скажем, в Северной Америке. Поэтому, весьма полезно изучить ряд работ, большинство из которых проводилось в Германии.

Было проработано ряд методов. Некоторые касались инвентаризации растительного биоразнообразия на тех землях, которые использовались по разному; в рамках одного из таких исследований, проведённом на территории, где возделывание почвы было прекращено, этапами, с 1950 г., было обнаружено, что биоразнообразие увеличилось по мере того, как проходило всё больше и больше лет с момента прекращения обработки почвы (Waldhardt и Otte, 2003). Для того, что бы избежать потери большого количества времени и сил, с чем связано проведение подобной стандартной инвентаризации, была проведена серьёзная работа по поиску таких видовых индикаторов, с помощью которых можно было бы легко выявить изменения и провести их мониторинг. Особый упор делался на насекомых, таких как жуки, которых можно легко ловить (Duelli, 1997; Büchs, 2003). Проведение выборки является наиболее сложной процедурой, и в ряде подходов акцент был сделан на подклассификацию ландшафта по типам среды обитания. Структура ландшафта, включающая

природу и масштаб мозаики, может само по себе являться важным замещающим индикатором, учитывающим воздействие матрицы, окружающей управляемые участки по видовому богатству (Dauber и др., 2003).

В рамках одного из исследований была использована комбинация ландшафтных изображений и детальное биотопное зондирование, проведённое за несколько лет до этого, для того чтобы разработать послойную выборку (Osinski, 2003). В рамках проекта по формированию выборки экологического участка были использованы данные о земельном покрове, собранные со спутника, с целью разработки первоначальной классификации 28 земельных классов для Германии, внутри которых были отображены участки, площадью 1 км² (только сельскохозяйственные земли) для проведения детального анализа их биотопного содержания (Hoffmann-Kroll и др., 2003). Данная работа была проведена в середине 1990-х, приблизительно в то же самое время, когда проводилось масштабное изучение сельской местности в Великобритании, где использовались схожие подходы к поиску информации о всей стране на основе данных, собранных с репрезентативных участков (Haines-Young и др., 2000). Оперман (2003) предложил даже более не прямой, но совсем партисипаторный метод, который бы оценивал экологическое управление отдельных фермерских хозяйств на основе присутствия ряда видовых индикаторов—как во флоре, так и в фауне—но обязательно на основе физических характеристик фермерского хозяйства и его управления.

При сравнительном анализе недавних работ, проведённых в основном в Германии и Швейцарии, Валдхарт (2003) и Валдхарт и другие (2003) концентрируются на совокупности организменных и ландшафтных индикаторов, которые могут быть весьма перспективными. Однако, поиск индикаторов обнажает множество проблем, а все предложенные методы проведения выборки и оценки весьма дорогие. Как видовые группы, так и референтные области, рассматриваемые в большинстве из данных работ – небольшие, а поиск индикаторных видов, которые могли бы быть широко использованы в процессе агро-экологической работы – дело не одного дня. В целом, работа проводимая в Европе, не смотря на довольно высокий уровень научных усилий, всё ещё находится на ранней стадии, хотя на данный момент и собран значительный объём ценной информации. Долгосрочная цель развития - определение таких индикаторов для сельскохозяйственных ландшафтов, которые имели бы юридическую силу на международном уровне, как было предложено ОБСЕ (1997), остаётся по сути также далеко от достижения. Как и тогда когда она была первый раз предложена.

Суррогатные индикаторы вряд ли могут быть восприняты в развивающихся странах с учётом большого диапазона сельскохозяйственных систем, типов

климата, а также биотических и абиотических условий. Хотя разнообразие и структура среды обитания являются потенциально важными, интерпретация подобных данных, полученных с помощью метода дистанционного сбора данных, а также наземного контроля данных требует навыков и ресурсов, которые существуют только в некоторых из этих стран. Обследования на отдельных участках в полевых условиях до сих пор остаются основным источником информации. Несмотря на ограниченность в подаче материала, 50 или более показателей измерения масштаба биоразнообразия, которые указаны в литературе, причём некоторые были разработаны несколько лет назад, остаются единственными инструментами, для классификации биологического разнообразия, будь то разнообразие в сельском хозяйстве или в дикой природе (Whitaker, 1972; Magurran, 1988).

В рамках проекта Люди, Землеустройство и Экологические Изменения (PLEC), реализуемого в 12 странах, была разработана гипотеза, что сельскохозяйственное управление с использованием стратегии разнообразия может поддерживать и даже усилить разнообразие. Данное мнение получило поддержку в Европе, где 1000 лет земледелия, вплоть до развития современных технологий в 1950-х, привело к созданию динамической мозаики среды обитания или экотопа, который усилил не только разнообразие видов, но также структурное и функциональное разнообразие, а возможно и генетическое разнообразие среди растений и животных тоже (Waldhardt, и др., 2003). В рамках PLEC, который был призван подготовить инвентаризацию биоразнообразия, было необходимо зафиксировать разнообразие на всех демонстрационных участках, и в 1999 году была составлена схема выборки для того, что бы сделать это (Zarin и др., 2002), после которой был составлен проект базы данных (Coffey, 2000), а также детальное руководство по расчёту наиболее актуальных индексов α (а также подсчёт её площади γ) и β разнообразие¹ (Coffey, 2002). PLEC касался лишь разнообразия сосудистых растений, а не фауны на том или ином уровне.

Полностью стратифицированная случайная выборка была, даже в большей степени, чем в Европе, нецелесообразна с точки зрения логистики, поэтому наша выборка была скорее целевой, чем случайной. Она проводилась в три этапа. В каждой из 12 стран, от одной до семи ландшафтных территорий (демонстрационных участков) были отобраны для показа территории отдельных деревень или групп фермеров, с которыми был установлен контакт и где проекту было предложено провести работу. Они варьировались от менее 10 км² до национального максимума (которого никогда не достигали) 100 км², часто находясь внутри границ трансекта, где проводилось обследование перед окончательным отбором. Внутри данных ландшафтов были впервые

выделены обширные категории землепользования, различаемые обычным поверхностным надпочвенным покровом. Так как мы, в основном, работали на территориях, где методы землеоборота были внедрены недавно, а также, с целью подчеркнуть важность земельного покрова, мы называли их стадиями землепользования. В 12 странах, было выделено 27 подобных стадий, которые распределили на 7 основных категорий, включая кромку, для сравнительных целей, (Pinedo-Vasquez и др., 2003a).

Внутри этих обширных категорий, нами был проведён поиск характерных типов или наборов сред обитания или биотопов. С учётом важности использования в их названии методов работы фермеров, мы называли их полевыми типами, хотя в них также входили различные стадии как управляемого так и не управляемого пара и леса. После этого, внутри данных полевых типов были отобраны фактические территории выборки, с особым подходом, где упор делается на максимально очевидное разнообразие, или на земельные ресурсы, обрабатываемые конкретным домохозяйством, где собиралась другая информация (Guo и др., 2002). Внутри них были отмечены выборочные квадраты для нумерации видов. Одновременно была собрана подробная информация о методах работы на всём поле вокруг нумерационного квадрата биоразнообразия (Brookfield и др., 2002). Огороды и границы между полями были отобраны отдельно и работа на них велась по другому (Zarin и др., 2002).

Оценка биоразнообразия в рамках PLEC была проведена наземно, только иногда с частичным использованием аэрофотосъёмки и дистанционного сбора данных. Данная система была разработана для того, что бы максимально эффективно использовать ограниченные человеческие и финансовые ресурсы. Цель PLEC заключалась в том, что бы изучить методы работы, применяемые фермерами и их эффективность. Данная работа должна проводиться в тесном сотрудничестве с фермерами. На небольшой территории в несколько квадратных километров на верхних склонах горы Меру в Танзании, Каихура и другие (2002) обнаружили данные, которые обобщены во вставке 13.1, указывая, что так как посадка проводилась в данной местности три раза в год, состав культур на поле может меняться каждые несколько месяцев. Состав культур был одним из важных критериев для категоризации типов поля, а также источником большого количества другой информации, включая статус землепользования, возраст и материальное положение фермера, склон, уровень плодородия, данные о недостатке азота, фосфора и калия, тип почвообработки, а также инструменты для почвообработки, поголовье скота, методы борьбы с насекомыми, а также методы по контролю за эрозией, влажностью почвы и дренаж. В рамках дальнейших исследований, проведённых в одном фермерском

Вставка 13.1 Описание этапов землепользования и типов поля в Ольгилаи/ Нгирези, Арумеру, Танзания

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 13.1.

Этап землепользования	Типы поля	Описание типа поля
Естественный лес	Наименее нарушенный	Верхние холмы подножья горы Меру; недоступные из-за крутизны и глубоко врезанных долин. Уклоны от 85% до 50%; влажный тропический климат; небольшое количество диких животных; местность официально опубликована.
	Немного нарушенный	Верхние холмы подножья горы Меру; используется для получения лесоматериалов, древесного топлива, и как лекарственные растения; расстояние от деревни и крутизна ограничивает использование. Уклоны от 15% до 35%; влажный тропический климат с незначительным количеством диких животных; местность официально опубликована.
	Сильно нарушенный	Конусообразные вершины гор, иногда используемые для отдыха; используется для получения лесоматериалов, древесного топлива, и как лекарственные растения. Лесозаготовка контролируется деревней, но большинство рентабельных деревьев и кустов уже заготовлены на древесину.
Плантационный лес	<i>Сосны (Pinus)</i> с временным выращиваем сельхозкультур	Сосновые деревья (<i>Pinus</i>), высаженные после расчистки природного леса; кукуруза и бобовые обычно чередуются с капустой и картофелем; севооборот и последовательность отличаются у разных фермеров и в зависимости от времени года. Уклоны от 10% до 20%.
	Кипарисы с временным выращиваем сельхозкультур	Высаженные кипарисовые деревья; системы земледелия аналогичные системам на плантациях сосны <i>Pinus</i> .
	Эвкалиптовая плантация	Расчищенный естественный лес и засаженный только эвкалиптами.

Вставка 13.1 Продолжение на следующей странице

Вставка 13.1 Продолжение

Этап землепользования	Типы поля	Описание типа поля
Агролесовство	Сельскохозяйственные культуры и деревья	Комплексный набор культур и деревьев в зависимости от размера фермы, времени года, и предпочтения фермеров; наиболее типичными являются кофе, бананы, и деревья, с кукурузой и бобовыми. Различные уклоны.
	Кукуруза и бобовые с деревьями	Кукуруза и бобовые как промежуточные междурядные культуры, с деревьями в качестве изгороди по горизонталям и на границах; наиболее рентабельные культуры занимают самую большую площадь.
	Картофель, чередующийся с овощами	Товарный картофель в первый сезон, за которым следуют капуста и пар в третий сезон года.
	Кукуруза	Кукуруза высаживается как монокультура.
	Картофель	Картофель как товарная монокультура.
	Границы хозяйства	Заборы на границах и разделяющие конструкции с деревьями, кустарниками и вьющимися растениями. Используются различные виды, но наиболее распространенным является колючие растения для ограничения нарушения границ.
	Границы земельного участка	Конструкции, разделяющие типы полей внутри хозяйства, включая пожнивные остатки и кучи сорняков вдоль границ, вьющиеся растения, и кустарники имеющие экономическое значение. Они могут быть уничтожены и раскиданы для улучшения плодородности почвы.
	Приусадебные сады	Сады, расположенные около домов, с местными и интродуцированными овощами. Большинство расположены на равнинных участках или небольших уклонах с поливом.
Источник воды	Микроводосбор	Разграниченные участки земли площадью менее 30 м ² , защищающие места просачивания воды; засажены многолетними растениями и бананами. Лесозаготовка не производится; ограниченный проход для забора воды; находится в совместной собственности.

Вставка 13.1 Продолжение

Этап землепользования	Типы поля	Описание типа поля
Пары	Восстанавливающие пары	Коллективные или индивидуальные участки, временно оставленные неводеланными для восстановления плодородности. Крутые или умеренно крутые уклоны.
	Пастбища, места отдыха или пары	Земли, оставленные под паром или места семейного отдыха; могут быть использованы как пастбища для коз.
	Поля для выпаса и косябы для личного пользования	Пастбища, где привязываются коровы для выпаса или спаривания (в случае быков); трава может быть сжата на корма.

Источник: Kaihura и др. (2002:155).

хозяйстве в 1999 г., было выявлено 10 продовольственных и промышленных культур, 6 видов деревьев, более 10 лекарственных растений, применяемых для лечения более, чем 30 заболеваний, 17 типов питомниковой рассады для размножения и продажи, 6 овощных культур, 18 фруктовых деревьев и 7 декоративных растений (Kaihura, 2002:136). Таким образом, разнообразие методов управления формирует агробиоразнообразие.

Реализация продукции является важным фактором. Типы среды обитания или типы поля нелегко отличить от этапов землепользования, в тех случаях, когда они повторяются на обширных территориях. Хотя, различие возможно провести по тем или иным цветочным составам, они всегда определяются различиями в методах фермерского управления. На обширной территории юго-восточной Азии, поливные поля, сухие поля под паром, культивируемые с применением альтернативных технологий, посаженные и управляемые агро-леса и лесные массивы, а также домашние сады, где применяется интенсивное управление, составляют четыре основных класса полевого типа; каждый из них формирует этап землепользования, но при этом каждый может быть подразделен с точки зрения ассортимента и культур, или типа их управления. Таким же образом, на Фута Джалон в Гвинее, в Западной Африке, все земельные ресурсы, за исключением небольших участков леса и необрабатываемых пустырей, могут быть разделены на три этапа землепользования: интенсивно обрабатываемые близлежащие поля, которые культивируются каждый год и круглый год, более обширные отдалённые поля и соответствующие поля под паром, а также небольшие площади обсаженных и управляемых агро-лесов. На уровне отдельно взятой деревни Фута Джалон, они могут подразделяться

на значительное количество типов поля, вместе с ограждениями между ними. Оба уровня классификации приемлемы, и оба касаются всего ландшафта. Выбор зависит от целей характеристики.

Фермеры и другие пользователи биоразнообразия

Независимо от того, является ли ландшафт большой областью или территорией всего одной общины, фермы – это те единицы, через которые осуществляется управление значительной частью его разнообразия для производства. Фермеры редко управляют одним типом полей или даже одним этапом землепользования; они зачастую включают участки леса, лесонасаждений, и водоемы, а также пахотные земли и пастбищные угодья, и межи между этими типами. Поле под паром может быть управляемым или нет, и очень часто оно дает ресурсы, которые пожинаются. Для измерения и учета разнообразия на уровне ландшафта должно быть не только согласие землевладельца или землепользователя, но также его или ее активное сотрудничество. Даже на участках коллективной собственности, многое нужно узнать у тех, кто пользуется ресурсами.

В проекте PLEC, мы широко применяем понятие агроразнообразия, которое впервые было предложено Брукфилдом и Пэдок (1994), выходящее за рамки естественного и культурного разделения большинства изучений ландшафта, для установления взаимосвязи между агроразнообразием, разнообразием управления и биофизического разнообразия, и помещения их в контекст четвертого измерения, которое мы называем организационным разнообразием (Brookfield, 2001; Brookfield и др., 2002). Последний термин нуждается в разъяснении. Независимо от того, намеревается ли ферма получать прибыль, это функционирующее предприятие с особой системой взаимоотношений с параллельными предприятиями и более высокими уровнями сообщества, органами власти, и региональными, национальной и глобальными экономиками. Как и любое другое предприятие, это и социальная, и экономическая система, сгруппированная внутри более широких социально-экономических систем. Фермеры являются управляющими земельным участком в том смысле, в котором используют Блейки и Брукфилд (1987). Даже если им приходится работать в системе, которая определяет, какие культуры и скот производятся, фермеры или фермерские домохозяйства должны принимать ежегодные, ежемесячные и ежедневные решения, необходимые для получения этой продукции. Фермы сильно отличаются одна от другой, и ресурсы и навыки фермеров также сильно различаются.

Это основная сторона разнообразия. Сюда входит разнообразие в порядке владения, или аренды и управления фермой, и в использовании имеющихся природных ресурсов и рабочей силы фермы. Элементы включают рабочую силу, размер домохозяйства, различную обеспеченность ресурсами домохозяйств, и зависимость от работы вне хозяйства. Сюда также входят возрастная группа и гендерные взаимоотношения в сельскохозяйственной работе, зависимость от фермы, а не от внешних источников содействия, территориальное распространение фермы, размер взаимной помощи, которая практикуется между фермами, и различие между фермерами в части доступа к земле. Принципиально важными являются владение ресурсами, условия доступа к ним, и то, что Лич и др. (1999) описывают как экологические субсидии. Организационное разнообразие участвует во всех процессах управления ресурсами, в том числе землей, сельскохозяйственными культурами, трудом, капиталом и другими факторами производства.

Независимо от условий аренды, навыки, необходимые в простой организации рабочей силы в периоды пикового спроса сильно недооцениваются в общей литературе по развитию сельского хозяйства. Переход от выращивания одной культур к двум или даже трем культурам, ставший возможным в результате нововведений Зеленой революции, крайне нуждается в таких навыках. Однако, фермеры получали незначительное руководство и инструкции о том, как управлять своими ресурсами и рабочей силой в такое время. Они учились этому самостоятельно. Организационное разнообразие высоко динамично. Фермеры меняют свою организацию рабочей силы и ресурсов в зависимости от обстоятельств, иногда в очень короткий срок, и быстрее реагируют на сигналы, которые предусматривают новые пути комбинирования факторов производства.

Опытные фермеры, которые делают это лучшим образом, зачастую не являются политическими или социальными лидерами в своих общинах. Проект PLEC в Китае выявил примечательный пример эксперта новатора, г-на Ли Дайи, ранее занимающийся сменной культивацией и охотой. В 1980-ом году он заинтересовался экспериментом окультуривания редких, но ценных пород дерева в лесу, *Phoebe puwenensis*. Несмотря на отсутствие ботанически обоснованных способов, ему за два года удалось вырастить жизнеспособные саженцы. Затем он превратил 0.13 га земель, предназначенных для выращивания кукурузы, которые были выделены ему при приватизации коллективных земель, происходившей в 1983 г., в смешанное древесное насаждение. При содействии проекта PLEC, он распространил свою технологию на 95 сельских фермеров (Dao и др., 2003).

В последние несколько лет фермеры в отдаленной деревне Папуа Новой

Вставка 13.2 Сельскохозяйственное разнообразие и стратегии выживания очень бедных в сельской местности Бангладеш

Факт, что бедные люди зависят от некультивируемых продовольственных культур для выживания и получения средств существования, хорошо известен в деревнях сельской Бангладеш. Но каков характер такой зависимости? Наше исследование изучает использование очень бедными людьми продуктов и растений, которые они собирают на земле, из водоемов и в лесах в той местности, где они проживают. Когда мы спрашивали жителей деревни, “А где бедные?”, ответ был “Chak”, что означало на культивируемых полях других или в придорожной полосе. Начиная с месяца Бхадра (Bhadra) до месяца Картик (Kartik) они работали на полях сахарного тростника, собирая урожай для фермеров. В месяцы Агархайян (Agarhayan), Пус (Poush), и Магх (Magh) они занимаются сбором картофеля и подготовкой рассады для затопляемых рисовых полей фермеров. За этот труд они могут получать определенные деньги, которые они потратят на масло, соль, школьные расходы, и погашение долгов. Но в качестве частичной оплаты они возьмут картофель, который больше не нужен, чтобы покрывать землю на картофельных полях и будут использовать его дома в качестве топлива. На фермерских полях они собирают джутовые листья для еды и собирают некультивируемую листовую зелень вдоль края рисового поля, некоторые из которых они будут продавать. Они продают яйца своих кур, находящихся на свободном выгуле, для покупки риса, и ловят небольшую рыбу в водоемах для ежедневного потребления. Это их средства к существованию.

Каким будет соответствующий ответ на задачи обеспечения их доступа к этим источникам продуктов питания? Развитие сельского хозяйства, основанного на нескольких культурах, не может в достаточной мере возместить очень бедным ущерб от доступа к источникам некультивируемых продуктов питания, вызванные практикой ведения фермерского хозяйства, например, широкое применение пестицидов и выращивание монокультур. Они не могут также компенсировать разрушение режимов коллективной собственности и социальных правил, которые дают возможность людям использовать эти источники питания. Анализ вклада некультивируемых продовольственных культур в продовольственную безопасность в Бангладеш показывает, что соответствующим уровнем улучшения доступа к этим источникам питания является ландшафт населенного пункта, а не виды индивидуальных растений, ферма или приусадебный участок. Просто стимулируя системы ведения фермерского хозяйства, основанного на биоразнообразии и защищая деревенские земли от пестицидов и огораживания общинных земель, обеспечивается также огромный ресурс некультивируемых продуктов питания. Такая стратегия может быть названа культивированием ландшафта, в отличие от более ограниченных определений сельского хозяйства на основе культивируемых растений на обрабатываемых полях. Усовершенствование сельского хозяйства должно осуществляться в контексте более широкой стратегии улучшения потенциала общин создавать и поддерживать условия, необходимые для биоразнообразных пищевых систем. В конечном итоге, биоразнообразие не культивируется, а выводится в биоразнообразных агроэкосистемах.

Источник: Farida Ahkter, Центр стратегических исследований по вопросам альтернатив развития, Бангладеш.

Гвинеи изменили свою систему натурального хозяйства в смешанные товарные культуры. Ряд из них выращивают рассаду какао или кофе в своих садах в первый и второй годы разведения ямса. Приблизительно до 1990 г. единственной товарной культурой в этой области был кофе Робуста, внедренный службой внедрения в 1960-е годы, который выращивался на небольших участках, на которых росло в среднем 150 деревьев на участок, окруженных вторичным лесом и затененных леуценой (*Leuceana*). Очень небольшое количество дополнительного кофе было высажено после первоначального энтузиазма 1960-х годов, когда все семьи засаживали как минимум один участок, а зачастую два. Однако, в период с 1990 по 2001 гг., было высажено более 70,000 какао-деревьев. В этом случае система сменной культивации видоизменяется в ответ на новые условия. В первоначальной заключительной стадии трехгодичного цикла возделывания сельскохозяйственных культур, на участках стали преобладать сорняки, но в нынешние дни они контролируются путем внедрения стелющегося по земле сладкого картофеля. Паровые породы деревьев и бурьян в настоящее время искореняются, и высаживается Глирицидия (*Gliricidia*) для затенения какао. Таким образом, огороды для выращивания продовольственных культур преобразуются в огороды для выращивания товарных культур. Фермеры утверждают, что через 20 лет они вырубят какао и опять высадят продовольственные культуры. Они знают, что на земле, очищенной от какао и глирицидии (*Gliricidia*) или леуцены (*Leuceana*), продовольственные культуры будут расти также хорошо, как и на 20-летнем лесном перелог. Таким образом, последствиями этой практики будет не сокращение производства продуктов питания. Наоборот, через 20 лет будет наблюдаться значительная потеря естественных вспомогательных паровых видов, многие из которых используются людьми, которые их собирают. Фермеры признают эту проблему, но считают, что потеря не будет серьезной, потому что не каждый участок, очищенный для продовольственных культур, будет преобразован в какао или кофейную плантацию. Им не составит труда собрать и переработать такое количество какао или кофе (Sowe и Allen, 2003).

Можно привести много других примеров такого типа. Наиболее известным случаем в современной истории является создание крупной отрасли, работающей на экспорт, в южной Гане, Западная Африка, предприимчивыми фермерами-мигрантами, которые заложили большие площади какао среди вторичного леса в стране в период между 1890 и 1920 гг., и разработали новые системы землевладения, для того, чтобы облегчить колонизацию земель, приобретенных у других (Hill, 1963). Далее в этой главе мы опишем, как фермеры в Бразильской Амазонии отреагировали на ценовые сигналы

путем преобразования системы полевых культур в систему агролесоводства. Деятельность такого типа меняет биоразнообразие целых ландшафтов.

Кроме фермеров, имеются другие пользователи биоразнообразия. Скотоводы, перегоняющие стада на новые пастбища могут использовать разные ландшафты в разное время года, и некоторые из них заключают договорные соглашения с фермерами пасти свой скот на паровых землях. Такая практика широко распространена в саванновых регионах западной Африки. Тулмин (1992) показал, как домашние хозяйства одной деревни Бамбара в северном Мали вручную копали колодцы в 1970-е и 1980-е гг. для того, чтобы привлечь кочевых пастухов Фулани, скот которых будет загнан на поля владельцев колодцев для обеспечения навозов, тем самым, позволив им расширить возделывание своих сельскохозяйственных культур. Но жители деревни заботятся о том, чтобы пастухи оставались их клиентами, и, в том случае, если Фулани селятся поблизости, чтобы они не приобретали земли, на которых они могут вырыть свои собственные колодцы. Поддержание такой защиты доступа к ресурсам требует большой организации среди Бамабары.

Среди местного населения некоторые имеют очень немного или вообще не имеют земли. Они могут зависеть от ресурсов общинных земель или практически везде в ландшафте. Продукты питания, которые они используют, могут вообще не культивироваться. Во вставке 13.2, которая является выдержкой доклада, представленного в Монреале Фаридой Ахктер из Центра стратегических исследований по вопросам альтернатив развития в Бангладеш, графически описано, как беднейшие из бедных зависят от разнообразия ландшафта.

Временной аспект

Биоразнообразие, встречающееся в агроэкосистемах или за их пределами, всегда находится в состоянии постоянного изменения. Сезонные изменения умеренных зон, их упорядоченный севооборот, и краткосрочные чередования возделывания и паров могут являться хорошо известными типами временных изменений в северном сельском хозяйстве. Но временные сложности систем мелких фермеров в тропиках зачастую являются незнакомыми, плохо изученными учеными, и часто остаются без внимания или признаются непригодными правительствами.

Среди чаще всего изучаемых примерами мелких фермеров, которые обычно подразумевают как сложные временные изменения в управлении, так и высокий уровень биологического разнообразия, являются системы переложной или

сменной культивации. Эти пантропические — и, возможно почти глобальные — формы земледелия мелких фермеров сильно различаются, но они как правило характеризуются уборкой полей, путем обрезания и сжигания, и чередованиями непродолжительной фазы интенсивного земледелия и нескольких лет лесного или кустарникового перелога. До недавнего времени, фаза систем переложного земледелия, характеризующаяся менее интенсивным управлением сельскохозяйственными культурами — или фаза “перелога” — обычно понималась как временная консервация. Предполагалось, что в течение этой части цикла, когда осуществляется посадка, прополка, и сбор урожая большинства культур, все активное управление растениями и животными приостанавливается, и прямые экономические выгоды, получаемые с участка, становятся незначительными. Действительно, поля под “паром” часто возвращаются к совершенно естественной растительности.

Исследование, проведенное в течение нескольких последних десятилетий, в частности в Южной Америке и Юго-Восточной Азии, показало обратное. Все больше исследований демонстрируют, что большинство систем сменной культивации более точно описываются как циклическое агролесоводство, и что хотя управление перелогам может резко меняться с течением времени, многие участки никогда по-настоящему не являются заброшенными. Даже тогда, когда значительная часть растительности представляется дикой или самопроизвольной, активное и квалифицированное, хотя и едва различимое, управление может продолжаться, формируя виды и встречаемость растений и животных на участке. Зачастую трудно или невозможно определить, какие из растений на конкретном переложном участке на самом деле культивируются, а какие нет. И хотя отобранные растения могут не меняться, соотношение дикорастущих/культивированных может измениться в качестве естественного возобновления и растения-самосевы могут присоединиться или заменить культивируемые растения в течение месяцев или лет, когда перелог едва ощутимо управляется.

Возрастает экономическое давление и увеличивается сельское население в тропической Азии и в других частях мира, где переложное земледелие является распространенным способом зарабатывания на жизнь. Управление перелогам-парами претерпевает разительные изменения в ответ на эти сдвиги. Управление всеми фазами цикла становится более интенсивным и видимым, и все больше характеризуется ориентированными на рынок видами. Формы, которые в настоящее время принимают эти системы перелогов-паров, остаются разнообразными, а в агролесохозяйствах часто преобладают каучуковые, фруктовые или быстрорастущие древесные породы. Другие, более интенсивные — но все же сложные и циклические системы — включают пары, где преобладают

экономически ценные кустарники и даже травянистые бобовые (Cairns, 2006).

Как мы можем точно измерить биоразнообразие систем, таких как системы переложно-парового агролесоводства, которые постоянно меняются? Принимая более обширный ландшафт за единицу исследования, и включая поля и “пары” различных уровней управления и возрастов, все это помогает исследователю охватить большой объем богатства и сложности таких сельскохозяйственных систем. Повторный отбор проб с течением времени является желательным для того, чтобы уловить сезонные и прочие изменения. Проект PLEC выявил, что в каждом регионе исследователи должны быть гибкими в своих методах, меняя их в соответствии с требованиями местных условий. А также они должны понимать ограниченность своих данных в том случае, если долгосрочные исследования или повторный отбор проб не представляются возможными.

Временная сложность принимает множество форм, а потому представляет много трудностей для исследователя. В пойме реки Амазонки, где у проекта PLEC есть несколько исследовательских полигонов, участки земли ежегодно проходят земные и водные фазы. Фермерские наделы исчезают под речной водой во время ежегодных наводнений, обычно выше 10 метров в верхней части реки в Перу. Поля, которые появляются после понижения паводковых вод несколько месяцев спустя, изменяются не только в части растительного покрова, но также по размеру, типу почвы, и другим качествам, которые определяют нынешнее и будущее использование в сельском хозяйстве. Осложняет задачу для исследователей и тот факт, что в то время, как участок находится под водой, и его биоразнообразие существенно меняется, он зачастую не является неплодородным, а проходит другую, водную фазу. Многие фермеры, проживающие в пойме, на участке PLEC Муйуй (Muuyu) в Перу, например, контролируют прибрежную и береговую растительность, в том числе фруктовые деревья, не только для производства фруктов для потребления людьми в земную фазу, но и для привлечения рыбы в сезон паводков (Pinedo-Vasquez и др., 2003b). Сельскохозяйственным исследователям трудно увидеть комплексное управление водной и земной фазами, разработанное Амазонскими фермерами, тем более оценить; его компоненты биоразнообразия, самой собой, трудно измерить.

Многофункциональное и одновременное управление сельскохозяйственными, агролесными, и лесными ресурсами на одном поле является общераспространенным для мелких предприятий в тропиках. Несмотря на свою проникаемость, эти подходы редко упоминаются в литературе и оказываются невидимыми для большинства исследователей. Многие фермеры высаживают на своих полях однолетние культуры, которые

Вставка 13.3 Биоразнообразие в лесной стадии на двух участках на Нижней Амазонке в Бразилии

На двух участках мы обнаружили, что лесные угодья, являющиеся частью земельных владений мелких фермеров, являются результатом успешной деятельности по управлению, которая началась на стадии полей и продолжилась на стадии паров и лесов. Инвентаризация, проведенная на выборочном участке площадью 10 га (5га в Мазагао (Mazagão) и 5 га в Ипишуне (IPIXUNA)), показала большое разнообразие видов (Таблица вставки 13.3).

Оба участка леса включают высокий уровень богатства и однородности видов. Однако, среднее количество видов, встречающихся в лесах Мазагао (51) немного выше, чем среднее количество, встречающееся в Ипишуне (36). В противоположность, выборочные леса в Ипишуне имеют больше деревьев (в среднем 1,117), чем леса, выбранные в Мазагао (в среднем 1,041). Эти результаты отражают историю управления и добычи ресурсов, практикуемых мелкими фермерами на обоих участках. В Мазагао люди больше занимаются лесоводством, и они имеют склонность постоянно пополнять свои леса подходящими видами древесины, лекарственных и фруктовых видов. Фермеры в Ипишуне больше занимаются агролесоводством и сбором фруктов и лекарственных растений, чем вырубкой лесов.

Несмотря на различия в использовании лесов и управлении, практикуемом жителями Мазагао и Ипишуны, леса на обоих участках демонстрируют очень высокое разнообразие или индекс Шеннона. Исходя из расчетных индексов разнообразия, леса в Мазагао имеют более высокие значения (средняя $H' = 2.59$), чем леса в Ипишуне (средняя $H' = 1.77$). Эти результаты очень аналогичны расчетному индексу Шеннона для лесных угодий в других регионах эстуарной пойменной зоны затопления Варзеа (*várzea*) (Anderson и Ioris, 1992).

Хотя леса в Мазагао более богаты видами, чем леса в Ипишуне, два наиболее коммерчески ценных вида (Эвтерпа овощная (*Euterpe oleraceae*) и Пау мулато (*Calycophyllum spruceanum*)) являются наиболее преобладающими и многочисленными видами на обоих участках. Это показывает, что люди способствуют внедрению и росту этих и других ценных видов в своих лесах.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 13.3. Разнообразие лесных образцов в сравнении количества видов, количества особей и индекса Шеннона (H)

Делянка с образ- цами	Мазагао (Mazagão)			Делянка с образ- цами	Ипишуна (IPIXUNA)		
	Коли- чество видов	Коли- чество особей	H		Коли- чество видов	Коли- чество особей	H
1	48	892	2,96	6	26	623	1,66
2	55	1 096	2,66	7	41	1 032	1,91
3	54	1 118	2,43	8	38	1 610	1,68
4	45	778	2,66	9	43	1 696	1,80
5	55	1 322	2,26	10	34	923	1,80

Продолжение вставки 13.3 на следующей странице

Вставка 13.3 Продолжение

Аналогичным образом, наличие высокого количества древесины, фруктовых и лекарственных видов предполагает интенсивность и частоту управления местными людьми на обоих участках. Данные инвентаризации также показали, что люди сохраняют небольшое количество особей некоторых нетоварных видов. Среди таких видов некоторые пионерные виды, такие как цекропия щитовидная (*Cecropia pal-mata*) и Кротон (*Croton* sp.), которые играют важную роль в привлечении четвероногой дичи.

Расчетный индекс ценности показывает, что 8 из 10 наиболее значимых видов, обнаруженных в лесах Мазагао и Ипишуны, дают продукцию народнохозяйственного назначения. Как и в случае управления перелогам, люди также применяют и разрабатывают новые методы управления, которые соответствуют конкретным экологическим и экономическим условиям. Обилие и преобладание экономически значимых видов поддерживается мелкими фермерами путем применения операций по управлению, которые способствуют регенерации видов в различных световых и экологических условиях. Например, большинство фермеров проводят предуборочную деятельность, чтобы избежать причинение чрезмерного вреда лесам, тем самым оптимизируя производство. Новейшими и новаторскими предуборочными операциями являются разбросной посев семян или высаживание саженцев ценных видов до вырубki древесины. Большинство саженцев собираются с других частей леса; однако, саженцы андиобы (*Carapa guianensis*) выращиваются главным образом в приусадебных садах.

Источник: Pinedo-Vasquez и др. (2003с:69–71).

дадут урожай через несколько месяцев, но также склонны разнообразить рассадой деревьев, которые будут спилены через 30 и более лет. Саженцы деревьев могут быть самопроизвольными растениями самосевами, или намеренно посаженными или пересаженными из соседних лесов или садов. Несмотря на посадку, прополку и уборку сельскохозяйственных культур, более медленно растущим деревьям может уделяться немного больше внимания, чем просто поверхностная уборка и нерегулярная обрезка. Сохраняющийся немеханизированный характер такого мелкого земледелия в тропиках делает возможным такое разнообразие. Знания, имеющиеся у местных фермеров, о характеристиках роста многих организмов и их соединений, а также о конкретных возможностях и недостатках каждого уголка своих полей, делают такое сложное управление благоприятным. Во вставке 13.3 показан конечный результат такого процесса управления в пойме реки Амазонки в Бразилии, начиная с переложного этапа с высадкой или выращиванием саженцев ценных пород деревьев, далее с паровой стадией вплоть до окончательной ассимиляции в выведенный лес.

Динамизм легко может быть неправильно истолкован, особенно в системах, которые богаты разнообразием и управляются фермерами или общинами, политически маргинальными или культурно обособленными. Работа антропологов Фэйрхеда и Лича (1996) в Гвинее демонстрирует эту проблему в том виде, который в настоящее время стал известным случаем. Они описывают ситуацию, в которой существует общее соглашение, что поля, леса и лугопастбищные угодья провинции Киссидугу (Kissidougou) в настоящее время, и уже длительное время меняются. Однако, официальное и местное понимание направления этих изменений, и основного характера взаимодействий человек–леса в Киссидугу (Kissidougou), находятся в полном противоречии. Если местное утверждение, что большинство разнотипных и больших лесных островов, которыми усеян ландшафт, преимущественно являются творениями человека, признается, то меры регионального агробиоразнообразия и понятия человеческого манипулирования местными ландшафтами практически противоположны мерам, предлагаемым на тот случай, если будет подтвержден конкурирующий сценарий ускорения вырубки леса. Эффективно используя современные данные аэрофотосъемки и дистанционного обследования, а также ранние описания, Фэйрхед и Лич подтвердили местные интерпретации.

В другой части мира, Йин (2001) показал, как оставшиеся фермеры, занимающиеся переложным земледелием в провинции Юннань, Китай, значительно модифицировали свои системы, некоторые совсем недавно, некоторые – уже давно. Изменились сельскохозяйственные культуры и методы возделывания, севооборот сократился, и были найдены способы сохранения плодородия в рамках сокращенного севооборота, были внедрены товарные культуры или было найдено приносящее доход применение растениям, которые ранее использовались только для пропитания, и даже было включено террасирование. Однако, несмотря на высококвалифицированные видоизменения, которые были внесены и продолжают вноситься, многие чиновники и некоторые ученые продолжают считать все, что делают фермеры, занимающиеся переложным земледелием, примитивным, которое должно быть быстро заменено. Только при современной оценке экологических преимуществ агролесоводства начинает запоздало возникать новое понимание традиционных навыков.

Изменение агроэкосистем мелких фермеров зачастую происходит приростными и внешне разъединенными шагами (Doolittle, 1984; Padoch и др., 1998), которые опять же добавляют некоторую степень сложности и неопределенности. Ограничения в человеческом труде и других ресурсах, имеющихся в распоряжении сельских домашних хозяйств для

создания существенных экологических изменений, делают необходимыми долгосрочные подходы ведения фермерского хозяйства по принципу *farm-as-you-go* (т.е. когда фермеры применяют свои повседневные знания для разумного решения своих проблем). В неустойчивых с точки зрения сельского хозяйства условиях, на само создание пахотных земель уходят годы и большое количество трудоемких операций. Например, преобразование торфяных болот в плодородные кокосовые питомники или рамбутановые сады на побережьях провинции Западного Калимантана Индонезии заняло годы прокладывания канав, дренажа, и создания и уничтожения нескольких форм посадки риса до того, как был создан рентабельный сад. Типичный ландшафт в таком регионе может состоять из множества небольших участков земли различного использования, управления и разнообразия. Все компоненты мозаики такого ландшафта являются частями разнообразной, сложной и динамичной системы мелкофермерского лесоводства.

Вглубь страны от торфяных болот Калимантана переход от одной системы к другой осуществляется также скачкообразным, постепенно нарастающим и визуально нечетким процессом. Падок и другие исследователи задокументировали, как жители деревни Даяк (Dayak) осуществляют переход от переложного выращивания суходольного риса к выращиванию орошаемого риса (Padoch и др., 1998). Процесс преобразования создает многочисленные промежуточные этапы, многие из которых разнотипные, и все они отличаются по производительности и внешнему виду. Исследование агробиоразнообразия в таких динамических системах ставит перед учеными задачу, которые точно представляют их богатство.

Заключение

Биоразнообразие в масштабе ландшафта преподносит ряд задач как в части измерения, так и в части интерпретации. Поскольку всеобъемлющее исследование логистически невозможно в этом масштабе, характер основы выборки является центрально важным, и он создает ряд трудностей, особенно в определении вложенной выборки, практически всегда внедряется сильный целевой элемент. В проекте PLEC, мы отобрали поля из различных типов полей и комплексно произвели среди них отбор квадратов, а также целых приусадебных садов. В Европейской работе, усилия были направлены на поиск показателей для преодоления проблемы масштаба обследования всего ландшафта, но не было найдено ни одного показателя, который был бы универсально применимым. Поскольку целью является оценка успеха усовершенствования управления,

сочетания выборочных биотических показателей со структурными аспектами матрицы ведения фермерского хозяйства и даже конкретные характеристики управления представляются наиболее вероятным способом дальнейших действий. После внесения изменений такой подход может быть применен в развивающихся странах.

Однако, может быть затруднительным произвести научно оправданную оценку, при этом оценка сельскохозяйственного разнообразия в масштабе ландшафта необходима для понимания многих сильных сторон мелкофермерского хозяйства, в частности в развивающихся странах. Большую часть управляемого — если не непосредственного высаженного — разнообразия этих систем можно найти на краях полей, среди тропинок, между домами и вдоль водотоков. С этих участков растительности регулярно убирается урожай, а фрукты съедаются, продаются или используются для удовлетворения сотни экономических потребностей. Когда фермеры лишаются этих невидимых ресурсов, их пищевой рацион и доходы зачастую падают, и их способность иметь дело с климатическими или экономическими нарушениями зачастую утрачивается.

Более значительные вопросы поднимает временной элемент управления биоразнообразием фермерами. Чередование водной и земляной фазы в ежегодно затапливаемых поймах рек обсуждалось более подробно, но более широким вопросом является целевое землеустройство на одной стадии землепользования для создания видоизмененного биоразнообразия на более поздней стадии землепользования, или, другими словами, различное биоразнообразие, которое является результатом намеренных изменений в землепользовании. Эти последствия являются центральными для понимания управления на уровне ландшафта, и они показывают, насколько сильно управление может влиять на биоразнообразие. В этой главе рассматривалось видоизменение биоразнообразия посредством управления, как для намеренного влияния на биоразнообразие, так и опосредованно посредством изменений, определенными только потребностями производства. Постоянное изменение биоразнообразия выявлено центральным заключением, и оно ставит под вопрос все понятия сохранения “статического” состояния растений, растительных ассоциаций и управляемых ландшафтов.

Примечание

1. Альфа-разнообразие - это разнообразие в пределах участка или квадрата (т.е., местное разнообразие), бета-разнообразие – это изменение видового состава от участка к участку (т.е., оборот видов), а гамма-разнообразие – это разнообразие ландшафта или всех объединенных участков (т.е., региональное разнообразие).

Литература

- Anderson, A. and E. Ioris. 1992. The logic of extraction: Resource management and resource generation by extractive producers in the estuary. In K. Redford and C. Padoch, eds., *Conservation of Neotropical Forests*, 175–199. New York: Columbia University Press.
- Blaikie, P. M. and H. Brookfield. 1987. *Land Degradation and Society*. London: Routledge.
- Brookfield, H. 2001. *Exploring Agrodiversity*. New York: Columbia University Press.
- Brookfield, H. and C. Padoch. 1994. Appreciating agrodiversity: A look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices. *Environment* 36(5):6–11, 37–45.
- Brookfield, H., M. Stocking, and M. Brookfield. 2002. Guidelines on agrodiversity assessment. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*, 41–56. London: ITDG Publishing.
- Büchs, W. 2003. Biotic indicators for biodiversity and sustainable agriculture: Introduction and background. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:1–16.
- Bureau, J.-C. 2003. *Enlargement and Reform of the EU Common Agriculture Policy: Background Paper* [mimeo]. Washington, dc: Inter- American Development Bank.
- Cairns, M. 2006. *Voices from the Forest: Farmer Solutions Towards Improved Fallow Husbandry in Southeast Asia*. Washington, dc: Resources for the Future Press.
- Coffey, K. 2000. *PLEC Agrodiversity Database Manual*. New York: New York Botanical Garden for the United Nations University.
- Coffey, K. 2002. Quantitative methods for the analysis of agrodiversity. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*, 78–95. London: ITDG Publishing.
- Dao, Z., H. Guo, A. Chen, and Y. Fu. 2003. China. In H. Brookfield, H. Parsons, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 195–211. Tokyo: United Nations University Press.
- Dauber, J., M. Hirsch, D. Simmering, R. Waldhardt, A. Otte, and V. Wolters. 2003. Landscape structure as an indicator of biodiversity: Matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:321–329.
- Doolittle, W. E. 1984. Agricultural change as an incremental process. *Annals of the Association of American Geographers* 82:369–385.
- Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62:81–91.
- Fairhead, J. and M. Leach. 1996. *Misreading the African Landscape: Society and Ecology in a Forest–Savanna Mosaic*. Oxford, uk: Clarendon Press.
- Forman, R. T. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge, uk: Cambridge University Press.
- Guo, H., C. Padoch, Y. Fu, Z. Dao, and K. Coffey. 2002. House hold- level biodiversity assessment. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*, 70–125. London: ITDG Publishing.
- Haines-Young, R. H., C. Barr, H. Black, D. Briggs, R. Bunce, R. Clarke, A. Cooper, F. Dawson, L. Firbank, R. Fuller, M. Furse, M. Gillespie, R. Hill, M. Hornung, D. Howard, T. McCann, M. Morecroft, S. Petit, A. Sier, S. Smart, G. Smith, A. S. Stott, R. Stuart, and J. Watkins. 2000. *Accounting for Nature:*

- Assessing Habitats in the U.K. Countryside*. London: Department of Environment, Transport and Regions.
- Hill, P. 1963. *The Migrant Cocoa-Farmers of Southern Ghana: A Study in Rural Capitalism*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hoffmann-Kroll, R., D. Schäfer, and S. Seibel. 2003. Landscape indicators from ecological area sampling in Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:363–370.
- Kaihura, F. B. S. 2002. Working with expert farmers is not simple: The case of PLEC Tanzania. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*, 132–144. London: ITDG Publishing.
- Kaihura, F. B. S., P. Ndongi, and E. Kemikimba. 2002. Agrodiversity assessment and analysis in diverse and dynamic small-scale farms in Arumeru, Arusha, Tanzania. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*, 153–166. London: ITDG Publishing.
- Leach, M., R. Mearns, and I. Scoones. 1999. Environmental entitlements: Dynamics and institutions in community-based natural resource management. *World Development* 27:225–247.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- OECD. 1997. *Environmental Indicators for Agriculture*, Vol. 1, *Concepts and Framework*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development Publications Service.
- Opperman, R. 2003. Nature balance for farms: Evaluation of the ecological situation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:463–475.
- Osinski, E. 2003. Operationalisation of a landscape-oriented indicator. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:371–386.
- Padoch, C., E. Harwell, and A. Susanto. 1998. Swidden, sawah and in-between: Agricultural transformation in Borneo. *Human Ecology* 26:3–20.
- Pinedo-Vasquez, M., K. Coffey, L. Enu-Kwesi, and E. Gyasi. 2003a. Synthesizing and evaluating PLEC work on biodiversity. *PLEC News and Views* NS 2:3–8.
- Pinedo-Vasquez, M., P. P. del Aguila, R. Romero, M. Rios, and M. Pinedo-Panduro. 2003b. Peru. In H. Brookfield, H. Parsons, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 232–248. Tokyo: United Nations University Press.
- Pinedo-Vasquez, M., D. G. McGrath, and T. Ximenes. 2003c. Brazil (Amazonia). In H. Brookfield, H. Parsons, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 43–78. Tokyo: United Nations University Press.
- Piott, H. P. 2003. Environmental policy, agri-environmental indicators and landscape indicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:17–33.
- Sowei, J. and B. Allen. 2003. Papua New Guinea. In H. Brookfield, H. Parsons, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 212–231. Tokyo: United Nations University Press.
- Toulmin, C. 1992. *Cattle, Women and Wells: Managing Household Survival in the Sahel*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Waldhardt, R. 2003. Biodiversity and landscape: Summary, conclusions and perspectives. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:305–309.
- Waldhardt, R. and A. Otte. 2003. Indicators of plant species and community diversity in grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:339–351.
- Waldhardt, R., D. Swimmering, and H. Albrecht. 2003. Floristic diversity at the habitat scale in agricultural landscapes of central Europe: Summary, conclusions and perspectives. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:79–85.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213–251.
- Yin, S. 2001. *People and Forests: Yunnan Swidden Agriculture in Human-Ecological Perspective*. Kunming, Yunnan, China: Yunnan Education Publishing House.
- Zarin, D. J., H. Guo, and L. Enu-Kwesi. 2002. Guidelines for the assessment of plant species diversity in agricultural landscapes. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*, 57–69. London: ITDG Publishing.

К. ПЕРКАСЕМ И М. ПИНЕДО-ВАСКЕС

В мире, где большинство сельскохозяйственной продукции производится промышленным способом, мелкие фермеры в тропических зонах относятся к тем немногим группам, которые до сих пор высаживают и управляют большим разнообразием культур и другими биологическими ресурсами в своих землевладениях. Эксперты определили наиболее редко встречающиеся виды и сорта культур на полях мелких фермеров, и призвали к их сохранению. Угрозы, которые ставит перед мировым сельским хозяйством потеря разнообразия культур и гибкости, создаваемые ими, общеизвестны, и были разработаны программы по сохранению этих бесценных ресурсов в условиях *in situ* и *ex situ*. Однако, исходя из опыта проекта Люди, Землеустройство и Экологические изменения (PLEC), мы утверждаем, что важный вклад мелких землевладельцев не оценивается только набором редких культур и сортов, которыми занимаются их фермы. Мелкие фермеры создали также, и продолжают развивать огромное множество сложных и разнотипных систем использования ресурсов, которые также являются важными и находящимися под угрозой ресурсами. Значительное разнообразие этих систем производства отражает и объединяет как биологические, так и технологические ресурсы. Сохранение агробиоразнообразия значительно продвинется, если системы использования ресурсов, которые производят ценные продукты, будут документально подтверждены, протестированы, усовершенствованы и внедрены с таким же усердием, как и их продукты.

В настоящей главе мы рассматриваем такие системы использования ресурсов, а также как мелкие фермеры постоянно создают и изменяют их. Мы обратим особое внимание на методы производства и управления мелких фермеров, которые выходят за рамки четких категорий местных или чужеродных и традиционных или современных. Полевые испытания показали, что широкий круг мелких фермеров сохраняют системы большого значения в части биоразнообразия, и зачастую невозможно или бесполезно разделять методы мелких фермеров на такие категории. Набор сложных и разнообразных методов управления ресурсами и консервации земель, которые мы рассматриваем, создает и поддерживает среду, которая является домашней

для большого разнообразия культур и других культивируемых или управляемых организмов. Мы знаем, что высокие уровни агробиоразнообразия и других форм биологического разнообразия, которые содержат мелкие фермеры, входят в число наиболее значимых экономических активов мелких фермеров в мире. Мы приходим к выводу, что агроразнообразие мелких фермеров также отражает и поддерживает способность мелких фермеров реагировать технологически и экономически и адаптироваться к большому количеству экономических и социальных процессов, которые характеризуют их быстро меняющуюся среду и общества.

Для обоснования наших общих выводов, мы представляем, анализируем и обсуждаем некоторые опытные (эмпирические) данные о динамичном сельском хозяйстве, агролесоводстве, и методах ведения лесного хозяйства — а также о методах сохранения — полученные с демонстрационных участков проекта РЛЕС, расположенных в тропических зонах. Проект РЛЕС осуществляется на земельных владениях мелких фермеров в Китае, Папуа Новой Гвинее, Танзании, Кении, Уганды, Ганы, Гвинеи, Мексики, Ямайки, Перу и Бразилии (см. также главу 13). Подход РЛЕС сфокусирован на разнообразии и динамизме стратегий фермеров и вытекающем агробиоразнообразии, и рассматривает их не только как традиционные продукты, имеющие длинную историю опыта общины, но и также как результаты индивидуальной инициативности и единоличных решений, принятых перед лицом неумолимых экологических, социально-политических и экономических изменений. Изменения, которые мы рассматриваем, вытекают из целого ряда причин — зачастую комплекса причин — и отличаются по продолжительности, серьезности и структуре. Мы сфокусировали внимание на изменениях и ответах местного уровня; другими словами, мы не рассматриваем ответы на значительные катастрофические бедствия, которые получили всемирное внимание, равно как и не делаем выводов о реакции мелких фермеров на общих понятиях, такие как “глобализация”, хотя некоторые из наших примеров описывают то, что может быть классифицировано как “катастрофы”, а именно “внезапное явление[я] катастрофического характера, повлекшее[ие] большой ущерб, утрату или разрушение” (Он-лайн словарь Merriam-Webster), и многие описывают изменения цен и рынков с глобальными связями. Исчезновение нескольких деревень в бурлящих водах Амазонки представляется катастрофой, так же как и появление новой болезни, которая уничтожает основной источник денежных средств общины, или резкое падение цен на значительный урожай кофе. Однако, рассматриваемые нами конкретные примеры, которые представляют внезапные и катастрофические явления, наблюдаются на местном уровне и описаны со вниманием не только в общем, но в частности. “Невидимость”

бедствий, которые мы включили, отражают не только их малый масштаб и нахождение в сельской местности, но также непереносимую гибкость и разнообразие, которые мелкие фермеры демонстрируют, успешно справляясь с такими явлениями.

Системы мелких фермеров могут быть изменчивыми, своеобразными и зависящими от местных условий. Тем не менее, мы обращаем внимание, что такие системы обычно объединяют, а не разделяют многочисленные виды методов использования ресурсов и сохранения. Многообразие методов, которые направлены не только на эксплуатацию, но также на сохранение ресурсов, имеющихся у мелких фермеров, продолжает быть недооцененным. В заключение мы приводим несколько общих наблюдений и рекомендаций относительно исследования и стратегий развития. Мы твердо полагаем, что если нашей целью является помочь бедным странам рачительно использовать свое биологическое разнообразие и улучшить положение некоторых из самых бедных фермеров, нам необходимо оценить и объединить технологические ресурсы и методы сохранения, которые лежат в основе высоких уровней агробиоразнообразия, встречающегося в производственных ландшафтах, создаваемых и управляемых мелкими фермерами в течение столетий и до настоящего времени.

Агроразнообразие: процессы и продукты

Концентрация внимания на продуктах, а не на процессах, помогло отодвинуть на задний план динамизм систем, созданных мелкими фермами. Подобным образом, значение, которое придают многие исследователи — иронически включая некоторых, которые особо ценят мелких фермеров — долгосрочной устойчивости и применения, подразумевает, что эти системы никогда не изменятся. Мы, безусловно, признаем значение долгосрочного подхода многих жителей деревень и основы долгосрочного опыта, который характеризует производство мелких фермеров. Однако, мы также утверждаем, что способность мелких фермеров порождать новейшие методы и стратегии может быть наиболее важным активом, которые они имеют для решения проблем и возможностей, создаваемых экологическими и экономическими изменениями. Разнообразие, как биологическое, так и технологическое, часто является ключевым для такой приспособляемости. Большинство комплексных “способов использования фермерами естественного разнообразия окружающей среды для производства, включая отбор культур, и управление землей, водой и биоты в целом,” или “агроразнообразие” (Brookfield и Padoch, 1994:8), имеет

существенное значение в предоставлении возможности мелким фермерам справляться с изменениями, как положительными, так и негативными, в своих социальных и естественных ландшафтах.

Исследователи в течение долгого времени изучают технологическую адаптацию и новаторство в системах производства в сообществах мелких фермеров как ответ на изменение (Feder и O'Mara, 1981). Например, возможно наиболее влиятельная работа в полевых условиях последних четырех десятилетий, работа Бозерапа *Условия роста сельского хозяйства*, установила взаимоотношения между интенсификацией землепользования и ростом населения (Brookfield, 2001). Однако, за некоторыми примечательными исключениями (Richards, 1993; Scoones и Thompson, 1994) большинство исследователей считают, что технологические изменения среди мелких фермеров означают долгосрочные эволюционные изменения, или, наоборот, резкое вынужденное консервирование, ухудшение или разрушение системы. Вместо этого мы сфокусированы на изменении и адаптации, которые были и должны быть постоянными в производстве мелкими фермерами, если они надеются продолжить существование, и на агоразнообразии, которое было важным инструментом для легко приспосабливающегося фермера.

Богатые данные о агоразнообразии, собранные в последние несколько лет исследователями PLEС показали, что фермеры постоянно рационализируют и переделывают технологии, чтобы воспользоваться возможностями и решать проблемы (более широкую выборку этих данных см. в публикации Brookfield и др., 2002, 2003). Мы кратко остановимся на нескольких примерах, чтобы продемонстрировать большое разнообразие используемых систем и преодолеваемых трудностей. Например, фермеры в Амазонской Бразилии разработали систему агролесоводства, называющуюся *banana etcapoeirada*, которая позволяет им выращивать бананы, несмотря на заражение бактериозом, который уничтожил бананы, высаженные в монокультурных плантационных системах (Pinedo-Vasquez и др., 2002b). Повышение рыночного спроса на дикie овощи и изменение земельной политики побудили бедных фермеров в северном Таиланде разработать систему граничного ведения фермерского хозяйства (Rerkasem и др., 2002). Снижение цен на кофе в Кении побудило производителей разработать кластерную систему для посадки нескольких видов и сортов однолетних и полумноголетних культур, при этом сохраняя кофейные насаждения соответствующих размеров (Kang'ara и др., 2003). Потенциальной угрозой эрозии берега реки в Перу занимались мелкие фермеры, которые разработали "традицию изменения" для выращивания культур и управления их динамичными экономическими и биофизическими естественными условиями (Pinedo-Vasquez и др., 2002a).

Агроразнообразии и вариации реагирования фермеров на изменения

Приблизительно два десятилетия назад, кустарниковые пожары в год Эль-Ниньо нанесли серьезный ущерб деревьям какао и другим видам фруктов, посаженных на полях мелких фермеров Ганы. Это явление произошло в экономическом ландшафте, где какао уже являлся безуспешной культурой: Цена на какао-бобы была низкой, и большинство фермеров Ганы уже претерпели быстрый переход от периода повышенного спроса к периоду банкротства в какао-хозяйстве. В начале 1990-х ученые проекта PLEС начали оценку выборочных деревень Ганы. Они обнаружили, что большинство фермеров сохранили разнообразие, необходимое им для того, чтобы переводить свою систему производства в чередование кукурузы и маниока (Gyasi и др., 2003). Большие полосы сельской Ганы перешли от ландшафтов, в которых преобладали плантации какао, к мозаике небольших ферм, где выращивается большое разнообразие растений. Фермеры продолжили добавлять другие продукты к этому производственному ландшафту, включая кур и даже улиток. Было также возвращено большое разнообразие батата; он практически исчез в результате резкого подъема культивирования какао (вставка 14.1).

Переход ганских фермеров от монокультуры к “агроразнообразию” оказался для многих экономически значимым, когда цены на какао-бобы снизились, и серия пожаров в год Эль-Ниньо уничтожили насаждения какао (Gyasi и Uitto, 1997). Однако, образовавшийся ландшафт разнovidного производства имеет другие важные функции. Он помог фермерам снизить риск пожаров и восстановил и сохранил растительный покров, который в свою очередь восстановил многообразие видов биогеоценоза, которые были сильно нарушены обширными насаждениями какао.

Изменения продуктов и систем производства как стратегия преодоления потери рынка для товарных культур и продукции лесного хозяйства общинами Хмонг в высокогорьях Таиланда являются еще одним примером того, как фермеры опираются на агроразнообразие для того, чтобы воспользоваться изменениями. Фермеры Хмонга в больших количествах выращивают капусту, используя комплексную систему чередования культур (Rerkasem и др., 2002). Ключевая функция такой системы ротации позволяет фермерам Хмонга поддерживать высокий уровень агробиоразнообразия путем перестановки своих культур как во временном, так и в пространственном масштабе, чтобы оптимизировать производство и эффективность труда и минимизировать отрицательные воздействия удобрений и пестицидов на их поля и окружающую среду. Разнообразные продукты системы чередования помогают фермерами преодолеть колебания цен на капусту и получать прибыль даже в период спада

Вставка 14.1 Системы чередования культур Ганы

Системы чередования культур помогают фермерам высаживать большее количество видов и сортов культур на своих сельскохозяйственных и агролесных полях (таблица 14.1). В настоящее время фермеры высаживают и сохраняют в среднем 13 сортов кассавы и 140 сортов батата в землевладениях.

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 14.1. Системы севооборота и их выгоды.

Практика или режим	Основные характеристики и преимущества
Кустарниково-переложная система чередования земель с использованием огня для уборки земли	Средство восстановления плодородности почвы и сохранения растений в диких условиях
Минимальная подготовка почвы и контролируемое использование огня для очистки	Минимальное нарушение структуры почвы и биоты
Смешанное возделывание культур, чередование культур, и смешанное сельское хозяйство	Максимизирует использование питательных веществ почвы; поддерживает биоразнообразие культур; увеличивает риск полной потери культуры; расширяет разнообразие типов продуктов питания и кормов; способствует восстановлению почвы.
Смешанное агролесоводство: культивирование культур между деревьями, остановленными в условиях <i>in situ</i>	Сохраняет деревья; восстанавливает плодородность почвы при помощи биомассы. Некоторые деревья увеличивает производительность почвы путем усвоения азота
<i>Oprowka</i> , способ ведения хозяйства без выжигания растительности, который подразумевает мульчирование путем оставления скошенной растительности для перегнивания <i>in situ</i>	Сохраняет плодородность почвы путем консервирования и стимулирования микробов и добавления гумуса, полученного в результате перегнивания растительности; сохраняет побеги растений, в том числе находящиеся в почве, избегая огня
Использование отбросов и перегона домохозяйств в приусадебных садах	Поддерживает производительность почвы.
Использование <i>nyabato</i> (<i>Neuboulidia laevis</i>) в качестве живой опоры для батата	В сущности, система вертикального укоренения <i>nyabato</i> способствует увеличению клубнеплодов батата, и верхняя часть обеспечивает тень, а листва служит мульчей и гумусом. Кроме того, предполагается, что <i>nyabato</i> фиксирует азот
Зигзагообразный сбор культур	Обеспечивает наличие питания в течение длительного периода времени.
Хранение культур, в частности некоторых видов батата, в почве для последующего сбора	Повышает продовольственную безопасность и обеспечивает семенной фонд.
Сохранение лесов в уязвимых местах	Сохраняет лесные виды; источник лечебных растений в короткий срок; способствует пчеловодству, разведению улиток, и тенелюбивых растений, таких как батат.

Источник: Gyasi и др., (2003).

Вставка 14.1 Продолжение на следующей странице.

Вставка 14.1 Продолжение.

Комплексные системы чередования помогают фермерам сажать в междурядьях различные сорта азотфиксирующего коровьего гороха, кукурузу, стручковый перец, овощи, и бобовые, вместе с фруктовыми видами, такими как манго, авокадо, цитрусовые, кокосы и звездчатое яблоко (*Chrysophyllum albidum*).

рынка (Rerkasem и др., 2002).

При определении и документальном подтверждении изменений способов реагирования мелких фермеров на изменения в рамках проекта PLEС был выработан богатый набор технологий и практики производства, управления и сохранения культур и других форм биологического разнообразия на уровне ферм, домашних хозяйств и ландшафта. Мы выяснили, что несмотря на большие различия в технологических ответах мелких фермеров на изменения, они имеют тенденцию постоянно отличаться от решений, предложенных экспертами. Многоуровневая и комплексные системы, разработанные мелкими фермерами в Китае, по восстановлению лесных массивов на склонах и других обезлесенных районов (вставка 14.2) является примером такого контраста (Guo и др., 2003).

Мелкие фермеры в юго-западном Китае принимают участие в государственных программах лесовосстановления. Эти программы способствуют высадке двух быстрорастущих видов, которые дают незначительные выгоды фермерам. Вместо этого мелкие фермеры включили несколько местных видов деревьев в рамках многоуровневой и комплексной системы. Добавление местных видов деревьев первоначально считалось странным, потому что время чередования для сбора урожая этих видов в три раза длиннее, чем у видов, рекомендованных лесоводами. Посредством полевых работ исследователи проекта PLEС выявили, что фермерам, высаживающим местные виды, не нужно ждать до конца чередования местных деревьев для получения выгод (Dao и др., 2001). Местные виды создают среду обитания для насекомых и травянистой растительности, которая способствует росту грибов и диких овощей, и даже для выращивания кур. И, наоборот, в районах, в которых высажены только те виды, которые были рекомендованы лесоводами, было очень мало насекомых, и они не обеспечивают среду обитания для роста грибов и диких овощей. Этот пример Китая является одним из многочисленных случаев, документально подтвержденных членами проекта PLEС, которые наблюдали и записывали технологии, разработанные в местных условиях в ответ на наложенные изменения. Распространение приемов, используемых

Вставка 14.2 Многоуровневая и комплексная система восстановления лесных массивов в Байхуалине, Баошань, Китай

Многоуровневая и комплексная система восстановления лесных массивов, разработанная китайскими фермерами, является усовершенствованием традиционной системы агролесоводства. Некоторые из наиболее распространенных видов деревьев, которые либо высаживаются, либо защищаются, включают следующие:

- *Phoebe puwenensis*, регенерируемые в естественных условиях быстрорастущие породы древесины
- *Alnus nepalensis*, вид, который обычно высаживается на агролесных полях, и обеспечивает покров для естественной регенерации видов деревьев на участках, где восстанавливаются лесонасаждения
- *Toona sianensis*, вид строевого дерева и дикой овощной культуры
- *Toona ciliate*, медленно растущая листовенная древесная порода
- *Cunninghamia lanceolata*, древесная и топливная порода
- *Punica granatum*, древесная и топливная порода
- *Pinus armandii*, быстрорастущая древесная порода
- *Lindera communis*, быстрорастущая древесная порода
- *Trachycarpus fortunei*, дерево, которое дает волокно для ткачества и съедобные цветки
- *Crateva unilocularis*, быстрорастущая древесная порода, которая также дает съедобные цветки
- *Paris* sp., древесная порода, используемая в лечебных целях

После закладки этих видов, фермеры обогащают насаждения посадкой грецких орехов, каштанов, некоторых сортов груш, и ряда лекарственных растений, таких как *Dendrobium candidum*, лечебного вида орхидей. В процессе обогащения своих лесонасаждений, они создают небольшие кластеры (обычно длиной 1. 5×3 м), где они высаживают или защищают дикие овощные культуры. Кроме того, ветви древесных пород хранятся на основании самых больших деревьев для разведения грибов. На участках лесовосстановления, где используется многоуровневая комплексная система, содержат 73 вида, и 52 (71%) из них имеют экономическое значение.

Источники: Dao и др. (2001, 2003).

китайскими фермерами для возобновления лесонасаждений на своих землях местными видами, значительно облегчило включение мелких фермеров в программы восстановления лесонасаждений. Этот случай также демонстрирует наше утверждение, что фокусировка на практике, разработанной фермерами, не является взглядом в прошлое, и не ограничивается традиционной практикой. Многие бедные фермеры являются динамичными и смотрящими вперед.

Мы убедились, что бедные фермеры постоянно создают и обеспечивают общество новыми методами, которые приносят как краткосрочные, так и долгосрочные выгоды, и они делают это без радикального изменения важных

экологических процессов, как это делают большинство современных систем производства. Сохраняя участки растительности на различных этапах смены растительности и связь с сельскохозяйственными полями, бедные фермеры часто сохраняют важное многообразие видов биогеоценоза, консервируя земли и воду, а также биоразнообразие. Эти разработанные в местных условиях системы также предлагают легкодоступные и практические решения на вид разрушающих проблем заболеваний и быстрых экологических изменений. Два примера работы проекта PLEС в Амазонии показали, как фермеры используют возможности биоразнообразия и своих знаний функций экосистем и разнообразия видов для преодоления надвигающихся катастроф.

До недавнего времени многие деревни в приливной пойме эстуария Амазонки были крупными экспортерами бананов. Мелкие фермеры этого района не только снабжают бананами городские рынки штата Амапа; они также экспортировали их в крупный город Амазонии Белем. Однако, в последние несколько лет производство бананов в регионе было практически полностью уничтожено болезнью Мокко (Mokko), известной в местных условиях как *febre de banana*. Заболевание, которое распространено во многих районах, производящих бананы, можно контролировать посредством согласованной и очень дорогостоящей кампании уничтожения зараженных растений, многократной дезинфекции всех инструментов, и постоянной инспекции всех насаждений (Stiver и Simmonds, 1987). Эти контрольные меры экономически не выполнимы для местных производителей бананов. Местные жители деревень, или *ribeirinhos*, разработали систему агролесоводства, которая известна в этих краях как система *banana etcapoeirada*, посредством которой фермеры управляют болезнью, хотя они не уничтожают ее.

Система агролесоводства *etcapoeirada* является новой модификацией системы, которая объединяет приемы агролесоводства и практику ведения лесного хозяйства. Имеются многочисленные обсуждения систем агролесоводства Амазонии, включая то, как жители Амазонии приспосабливают традиционные модели к современным потребностям и возможностям (Padoch и др., 1985; Padoch и de Jong, 1987, 1989, 1995; Denevan и Padoch, 1988; Irvine, 1989; Posey, 1992). Однако, эти исследования не изучают системы агролесоводства как ресурсы для контроля заболеваний растений, таких как *febre de banana*.

В Амапе фермеры теперь высаживают бананы и стимулируют естественное восстановление и рост соророки и парири, двух местных диких видов семейства банановых Musaceae. Жители деревень сообщают, что эти два вида не конкурируют (по местному выражению *brigar*) с бананами. Наоборот, они защищают банановые насаждения от распространения болезни. Кроме этих

двух видов, посадки *banana emcapoeirada* включают большое количество других растений и с виду похожи на лес. Так как система была утверждена, урожаи бананов с гектара земли увеличились на 500% (таблица 14.1).

На другом конце реки Амазонки, Сектор Муйуй (Мууу) является частью высоко динамичной поймы в Перу (Kalliola и др., 1993). Данный регион состоит из разнообразных ландшафтов, которые включают большое разнообразие поселений людей, форм ландшафта, водоемов и растительного покрова. На основе проверки трех наборов фотографий «Лэндсет», выявлено, что основные изменения в направлении реки и расположения структурных признаков произошли с 1987 по 2000 гг. (Pinedo-Vasquez и др., 2002a). В течение этого периода, было образовано новое озеро, во вторичном канале образовался нанос, а река Амазонка значительно изменила курс, сокращая размер большого и густонаселенного острова Падре. Две из трех деревень, расположенных на острове, переехали на другую сторону реки, и были основаны две новые деревни. Многие фермеры полностью потеряли свои поля, изменения в площади и формах ландшафта и течении рек привели к многочисленным экономическим сдвигам. Сюда входили изменения в популяции рыб и увеличение полос ила в течение засушливого сезона и высокие дамбы.

Сельские жители отреагировали на эти исключительные изменения не только перемещением деревень, но также переменой своего широкого сельскохозяйственного ассортимента. Они посадили рис и массу других однолетних культур на дне высохшего озера и увеличившихся пространствах низких дамб. Они использовали возникающие высокие дамбы для насаждения плодовых деревьев и других агролесоводческих культур. Богатство,

Таблица 14.1. Увеличение урожая и разнообразия бананов, используемых в системе агролесоводства *banana emcapoeirada*.

Год	Урожай (гроздь/га)	Посаженные сорта бананов
1997	63	3 (местные теневыносливые сорта)
1998	165	3 (местные теневыносливые сорта)
1999	247	5 (3 местных и 2 купленных из района Сантарем)
2000	284	6 (3 местных, 2 из Сантарема и 1 из Обидос)
2001	332	9 (3 местных, 2 из Сантарема, 1 из Обидос, и 3 EMBRAPA)
2002	378	9 (3 местных, 2 из Сантарема, 1 из Обидос и 3 EMBRAPA)

Система производства бананов, в местном масштабе известная как *banana emcapoeirada*, используется одновременно с управлением видами строевого леса.

как сельскохозяйственного биологического разнообразия (например, 18 сортов бобов, которые можно сажать в большом разнообразии условий произрастания), так и технологий (согласно имеющимся сведениям, по крайней мере, 12 различных сельскохозяйственных систем [Padoch и de Jong, 1989]) для использования многих форм ландшафта являются наиболее важными ресурсами сельских жителей в этой динамической среде.

Помимо изменений, влияющих на сельское хозяйство сильный поток разрушает растительность вдоль течения, формируя несколько небольших русел, которые способствуют доступу к лесным ресурсам внутри большого острова. Увеличившийся доступ к данному району привел к увеличению заготовки хуры скрипучей (*Hura crepitans*) и других видов древесины. Это в свою очередь побудило сельских жителей контролировать доступ к ресурсам и их добыче. К примеру, были созданы правила сообщества для предотвращения добычи древесины на территории сообщества посторонними лицами, а жители ограничили свою добычу до четырех взрослых деревьев (диаметр на высоте груди более 55 см) в год. Такие перемены в сельском контроле показывают насколько *ribereños*, под таким именем жители бассейна реки Амазонки известны в Перу, эффективно реагируют на изменения не только разнообразием техник использования, но также преобразованием социальных правил, чтобы соответствовать новым возможностям использования.

Понимание ценности изменения и гибридности

Существует несколько причин того, почему исследователям и техническим специалистам сложно высоко оценить производственные системы фермеров, даже если они прибыльны и богаты биологическим разнообразием. Общей проблемой является то, что многие технологии, разработанные фермерами в тропиках, вносят смещение в категории и концепции, знакомые людям, изучающим, разрабатывающим и распространяющим сельскохозяйственные инновации. Даже некоторые общие термины, используемые для описания того, как фермеры организуют свои культуры (напр. монокультуры, поликультуры или совмещение культур) предоставляют мало информации о разнообразии на территории небольших домашних хозяйств (Scoones и Thompson, 1994 г.). Тяжело достигнуть понимания методов реагирования на изменение, разработанных местными жителями без проведения наблюдения технического разнообразия на вид стандартных задач, таких как очистка, рыхление, пропахивание, посадка, прополка, охрана, сбор урожая и поля под паром (Agrawal, 1997). Эти категории фермерской деятельности могут скрывать

столько же, сколько и раскрывают.

Многие системы мелких землевладельцев, которые развивал PLEC казались невидимыми или непонятными для сельскохозяйственных экспертов по нескольким причинам. Агроразнообразие само по себе может быть визуально и концептуально неопределенным. Системы биологического разнообразия тяжело понять, особенно людям, которых обучали соблюдению порядка, простоте и универсальности сельскохозяйственных мероприятий. Многие системы управления, которые развивает PLEC изначально было тяжело даже определить как управляемые системы. Динамизм также может быть легко неправильно интерпретирован. Среди сотрудников, занимающихся деятельностью по развитию, задействованных в экологических вопросах, которые сейчас указывают на желательность устойчивого производства, динамизм может быть легко спутан с деградацией. Технологии мелких землевладельцев также регулярно комбинируют местные и заимствованные детали в одно гибридное целое (Gupta, 1998). Таким образом, эти производственные технологии зачастую игнорируются или пренебрегаются защитниками автохтонного и местного, а также теми, кто поддерживает современные технологии.

Комбинация нового и старого, местного и иностранного является характеристикой опыта управления всеми знаниями и, конечно, всеми ресурсами. В нашем мире «производственных комплексов» и идеологий модернистов (и консерваторов), однако, такие очевидные смешанные системы иногда не приветствуются. Чаще они просто незаметны. Эти технологии продолжают отражать местные глубокие знания особенных почв, поток воды, климата и биологического разнообразия и управления экологическими процессами (вставка 14.3), но они усовершенствованы или скрещены со знаниями или опытом, полученными фермерами за пределами их сел (Fairhead, 1993).

Гибридные системы обычно внедряют намного более высокие уровни биологического разнообразия в системы монокультур. Один из последних примеров включает системы названные «природный каучук» исследователями Международного научно-исследовательского центра агролесоводства в Юго-Восточной Азии. Эти производственные системы комбинируют насаждение каучукового дерева с управлением многими другими видами в древостоях, которые имитируют естественные леса и предоставляют многие сервисы экосистем искусственных лесонасаждений. Природный каучук является продуктом двух наиболее обычных моделей формирования гибридных систем: интеграции знаний, полученных при работе в качестве наемного труда вдали от мелких фермерских хозяйств и адаптация современных производственных систем и техник, привнесенных агентствами по развитию.

Вставка 14.3 Компоненты экосистемы, как инструменты культурного опыта сохранения сельскохозяйственного биологического разнообразия *in situ*

Целью данного исследования являлось понимание влияния компонентов экосистемы на социально-культурные факторы, которые влияют на принятие решений фермерами в ежедневном управлении своими генетическими ресурсами растений. Исследовались шесть культивируемых видов: сорго (*Sorghum bicolor*), просо (*Pennisetum glaucum*), арахис (*Arachis hypogaeae*), коровий горох (*Vigna unguiculata*), окра (*Abelmoschus esculentus*) и фабирама или картофель ффа ффа (*Solenostemon rotundifolius*).

Исследование было проведено в трех различных агроэкологических зонах в Буркина-Фасо: северной зоне, менее 500 мм годовых осадков, село Оухигуа (Ouahigouya); северо-центральная зона, менее 400 мм годовых осадков до менее 600 мм, село Тугури (Tougouri); и юго-восточная зона, более 1000 мм, село Тиогу (Thiougu).

Многофункциональная команда раздала вопросники фермерам на трех участках. Один участок в каждой агроэкологической зоне был отобран в соответствии со следующими критериями: важность сельского хозяйства для местного населения, степень протекающей генетической эрозии, роль изучаемых видов в жизни местного населения, влияние окружающей среды на сохранение сельскохозяйственного биологического разнообразия и важность независимости социологических феноменов в развитии сельского хозяйства. Данные, собранные на всех трех участках, были наблюдения фермеров за развитием растений (фенология), поведением животных (этнология), движением звезд и изменениям в атмосфере, относящиеся к их прогнозам о природе наступающих дождливых и сельскохозяйственных сезонов.

Фермерами рассматривались две группы признаков наступающих сезонов: различные уровни развития растения и признаки, связанные с поведением животных такие, как появление или продолжительность пения определенных птиц, их способ создания гнезда и его положение, перемещение рептилий и передвижений земноводных (таблица вставки 14.3). Эти признаки используются для прогнозирования предстоящего сезона дождей. Наиболее часто используемыми группами являются движение определенных звезд таких, как Маленькая медведица, направление и ориентация ветров, согласование с традиционным лунным календарем и прогнозирование ответственного лица (называемого Тенгсоба (Tengsoba)) из этнической группы Гнигнонсе (Gnignonses).

Понимание роли компонентов экосистемы, как основы прогнозирования важно для фермера буркинийца. Так как компоненты экосистемы сильно различаются, фермеры понимают необходимость ликвидации и поддержки разнообразия согласно их интерпретации признаков природы, по которым они затем рекомендуют сорта к посеву, выбирают методы культивирования, определяют даты посева и прогнозируют хороший или плохой всход культуры. Этот опыт играет большую роль в контроле агроэкологической среды посредством знаний климатических условий, почв и биотических факторов. Это указывает на то, что существуют местные системы управления окружающей средой, которые гарантируют поддержание сельскохозяйственного биологического разнообразия. У фермеров есть свои критерии управления, которые они

ТАБЛИЦА ВСТАВКИ 14.3. характеристики окружающей среды, используемые фермерами для прогнозирования сезона дождей в Гане.

Растения	Животные	Звезды и погода	Ритуал
Хорошее цветение капока (<i>Ceiba pentandra</i>).	Длительное пение Фроуко (Фроуко – перелетная птица –мухоловка, прилетает перед сезоном дождей с юга Африканского континента) и Falaogo (Фалаого – маленькая насекомоядная птица родом из Западной Африки).	Первые дожди выпадают поздно ночью.	Согласно прогнозу вызывателей дождей.
Хорошее прорастание семян		Дует сильный ветер с юга на север.	Прогнозы владельцев земель.
Равномерное плодоношение <i>Xerontia americana</i> , <i>Ficus platyphylla</i> , <i>Diospiros mespiliformis</i> , <i>Vitellaria paradoxa</i> , <i>Sclerocarya birrea</i> , <i>Heeria insignis</i> , и <i>Lannea microcarpa</i> .	Из своего гнезда Ваали (аист) смотрит на запад. Таба строят гнезда на верушках деревьев. Только один аист прилетает и улетает из деревни.	Март очень теплый. С декабря очень холодно в течение трех месяцев.	
Обильные дожди в день Бега (традиционная ярмарка).	Появление Таба	Появление миражей воды в течение дня.	
Хорошее развитие листьев у думпшмы (<i>Borassus aethiopum</i> Mart.).	Бычья жаба смотрит на запад. Хорошая охота на цесарку и варанов Красные гусеницы появляются в деревне.	С момента первого дождя, постоянно идет дождь. Вода течет с запада на восток (в деревне Коугни).	
Признаки, которые указывают на хороший сезон дождей			
	Множество Womponwondo.		
	Термиты сооружают большое количество термитников. Сверчки роют и повторно отгрызают свои норы с января по февраль.		
	Появление трех типов Янгтааки.		

Вставка 14.3 Продолжение.

Продолжение таблицы вставки 14.3.

Растения	Животные	Звезды и погода	Ритуал
Плохой рост коммерческих садовых растений. Увядание первых листьев У дем-пальмы (<i>Borassus aethiopum</i> Mart.) и <i>Hevea insignis</i> Слабое и переодичное плодоношение у карите (сальное дерево), винограда, куну и марулы (<i>Sclerosagua birrea</i>). Хорошее плодоношение тамаринда и фиги, при не опавших листьях. Преждевременное опадение плодов винограда и карите. Позднее второе развитие листьев у карите. Плохое цветение капока.	Из своих гнезд Ваали смотрит на восток. Прерывистое пение Фроуко. Фалаого меньше поет. Горлицы, насидивая яйца, смотрят на восток. Многие аисты находятся в деревне. Гнезда птиц направлены на запад. Хорошая охота на куропапку. Черепахи смотрят на восток. Бычья жаба смотрит на восток. Многие черепахи появляются на полях. Ранее появление саранчи. Сверчки не закрывают свои норы. Термиты переселяются в деревья. Повторяющиеся прохождения Mimimanas (Мимиманас – сезонные ветры, которые появляются в конце сухого сезона и в начале сезона дождей).	Холодный период (зима) длится меньше 3-х месяцев. Ветра дуют со всех направлений (непостоянство ветров). Муссонные ветра дуют только с севера на восток. Вода в поймах течет с востока на запад. Сильный гром во время первых дождей. Сильные ветра с красной пылью в начале сезона дождей.	Согласно их прогнозам вызывателей дождей. Согласование с лунным календарем.

Вставка 14.3 Продолжение.

используют различным образом в зависимости от района, этнической группы, среды, культур и обрядов, а также сельскохозяйственной деятельности. Эти методы обеспечивают поддержание генетического разнообразия сельскохозяйственных культур эволюционным способом, который также гарантирует поток генов между местными культиварами и их дикорастущими сородичами. Таким образом, важно для on-farm сохранения генетических ресурсов растений, чтобы компоненты экосистемы такие, как деревья и животные также сохранялись. Экосистема, таким образом, неотделима от жизни фермеров.

Источник: Sawadogo и др. (2005).

Соответствие приоритетам сохранения

Мелкие фермеры продемонстрировали способность быстро и правильно реагировать на новые проблемы и возможности, будь то экологические, экономические или политические (Agrawal, 1997 г). Сюда входит комбинация способов использования ресурсов, расположение их экономической деятельности, моделей их проживания и организации их работы, всех элементов агроразнообразия. В некоторых районах, где приоритеты биологического разнообразия приняли форму охраняемых районов, агроразнообразие также помогло приспособиться мелким фермерам. Многообразие экономических вариантов, которые выявляют и создают местные фермеры, позволило им эффективно реагировать на изменения, которые часто влекут программы сохранения, включая разделение на зоны их территорий, ограничения использования ресурсов и увеличение численности диких животных.

Важность производственных систем мелких фермеров для охраны биологического разнообразия принимает различные формы. Однако, попытки интерпретировать и понять ценность сохранения технологий мелких фермеров часто переоценивали или упрощали их. К примеру, многие эксперты основывают свои заключения о ценности сохранения производственной системы только на уровнях разнообразия комбинирующихся культур (Brush, 2000; Hamlin и Salick, 2003). Данные, собранные по агробiorазнообразию и полевые наблюдения показывают, что во многих случаях ценность сохранения агроразнообразия не может быть измерена простым подсчетом культур, в частности, потому что они могут часто меняться. Предыдущий пример из Китая четко иллюстрирует данный случай.

Системы лесонасаждений, созданные фермерами, имеют большее значение, как в экономическом, так и в плане биологического разнообразия, чем предложенные государственными лесоводами. Должны приниматься

во внимание дополнительное число посаженных древесных пород и не прямое увеличение в связанном растительном и животном биологическом разнообразии. Такая же сложность имеет место при измерении дохода и экономической ценности в таких системах; зачастую такую ценность трудно точно измерить и определить.

Ценность сохранения агробиоразнообразия в сообществах мелких фермеров может также быть измерена при создании, поддержке и управлении нишами в границах полей, земель под паром, лесов и водотоков. Многочисленные сельскохозяйственные системы, богатые агробиоразнообразием, где культуры насаждаются на дамбах и вдоль границ между орошаемыми полями, наблюдались и зарегистрированы в Китае, Танзании, Кении и других участках PLEC. Экономическая и экологическая важность данных систем высоко ценится местными сообществами, но почти совершенно неизвестна людям со стороны. В некоторых случаях важность данных пограничных систем земледелия была не замечена, так как эти системы не были значительными источниками дохода на протяжении многих лет. Однако, они могут продемонстрировать их полезность в годы низких сельскохозяйственных урожаев. Возможно, если бы анализ этих систем включал их социальную и экологическую ценность, помимо их экономической ценности, их важность была бы очевидной.

Заключение

Мы описали в общих чертах только некоторые из наиболее важных причин того, почему фокусирование на биологическом разнообразии – поддержание процессов, а не только продуктов сельского хозяйства мелких фермеров являлось приоритетом для более 200 исследователей, вовлеченных в проект PLEC. Мы сосредотачивались, как на разнообразии, так и динамизме, характеризующем эти системы. Мелкие фермеры и их сообщества в целом поддерживают ландшафты неоднородного производства, где лесные делянки могут быть такими же важными для средств к существованию и сохранения культур и других форм биологического разнообразия, как и сельскохозяйственные поля. Мы подчеркнули роль разнообразных технологий и продуктов в поддержании способности хозяйств мелких фермеров эффективно реагировать на новые возможности и проблемы.

Наш фокус на важность неоднородности производственных ландшафтов, гибридности системы и изменений может показаться противоречащим некоторым последним вопросам, волнующим сообщество биологического разнообразия. Хотя мы не ставим под сомнение, что фрагментация экосистемы,

неустойчивое производство и ликвидация традиционных систем и видов являются актуальными проблемами в некоторых контекстах, эти концепции не должны быть неправильно использованы или поняты. Многие системы, которые ученые PLEC описали и развили, являются слишком современными для людей, занимающихся культурным сохранением, слишком традиционными для тех, кто занимается модернизацией, а также слишком ориентированными на производство для специалистов по охране окружающей среды. Они не придают значения категориям ученых и ускользают от понимания исследователей. Однако, при кажущемся недостатке порядка, эти системы сохраняют биологическое разнообразие, от которого все еще зависит даже современное сельское хозяйство, служат потребностям миллиарда людей и позволяют им адаптироваться к изменяющимся условиям среды. Наши стратегии и программы должны стремиться, по крайней мере, к препятствованию уничтожения этого самого важного ресурса.

Вкражение признательности

Мы благодарим Кристин Пэдок за предоставленные комментарии и критические обзоры. Большая часть информации представленной и проанализированной в данном разделе была предоставлена нашими коллегами в PLEC. Мы очень благодарны им и надеемся, что мы хорошо представили их работу. Мы также хотели бы поблагодарить Университет ООН за предоставленную финансовую и административную поддержку. Полевые работы были возможны за счет средств Глобального экологического фонда. Мы хотели бы поблагодарить обозревателей и редактора за их ценные комментарии.

Литература

- Agrawal, A. 1997. *Community in Conservation: Beyond Enchantment and Disenchantment*. Gainesville, FL: Conservation & Development Forum.
- Brookfield, H. 2001. *Exploring Agrodiversity*. New York: Columbia University Press.
- Brookfield, H. and C. Padoch. 1994. Appreciating agrodiversity: A look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices. *Environment* 36(5):6–11, 37–45.
- Brookfield, H., C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking. 2002. *Cultivating Biodiversity: The Understanding, Analysis and Use of Agrodiversity*. London: ITDG Publications.
- Brookfield, H., H. Parson, and M. Brookfield. 2003. *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*. Tokyo: United Nations University Press.
- Brush, S. 2000. *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity*. Rome: IPGRI; Ottawa: IDRC; Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Dao, Z., X. H. Du, H. Guo, L. Liang, and Y. Li. 2001. Promoting sustainable agriculture: The case of

- Baihualing, Yunnan, China. *PLEC News and Views* 18:34–40.
- Dao, Z., H. Guo, A. Chen, and Y. Fu. 2003. China. In H. Brookfield, H. Parson, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 195–211. Tokyo: United Nations University Press.
- Denevan, W. M. and C. Padoch. 1988. Swidden–fallow agroforestry in the Peruvian Amazon. *Advances in Economic Botany* 5.
- Fairhead, J. 1993. Representing knowledge: The “new farmer” in research. In J. Pottier, ed., *Practicing Development: Social Science Perspectives*, 187–204. London: Routledge.
- Feder, G. and G. T. O’Mara. 1981. Farm size and the adoption of green revolution technology. *Economic Development and Cultural Change* 30:59–76.
- Guo, H., Z. Dao, X. H. Du, L. Liang, and L. Yingguang. 2003. China. In H. Brookfield, H. Parson, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 195–211. Tokyo: United Nations University Press.
- Gupta, A. 1998. *Postcolonial Developments: Agriculture in the Making of Modern India*. Raleigh, NC: Duke University Press.
- Gyasi, E. A., W. Oduro, L. Enu- Kwesi, G. T. Agyepong, and J. S. Nabila. 2003. Ghana sub-cluster final report. In H. Brookfield, H. Parson, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 79–109. Tokyo: United Nations University Press.
- Gyasi, E. A. and J. I. Uitto, eds. 1997. *Environment, Biodiversity and Agricultural Change in West Africa*. Tokyo: United Nations University Press.
- Hamlin, C. C. and J. Salick. 2003. Yanesha agriculture in the Upper Peruvian Amazon: Persistence and change fifteen years down the “road.” *Economic Botany* 57:163–180.
- Irvine, D. 1989. Succession management and resource distribution in an Amazonian rain forest. *Advances in Economic Botany* 7:223–237.
- Kalliola, R., M. Puhakka, and W. Danjoy. 1993. *Amazonía Peruana: Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Jyväskylä, Finland: Gummerus Press.
- Kang’ara, J. N., E. H. Ngoroi, C. M. Rimui, K. Kaburu, and B. Okoba. 2003. Kenya. In H. Brookfield, H. Parson, and M. Brookfield, eds., *Agrodiversity: Learning from Farmers Across the World*, 154–168. Tokyo: United Nations University Press.
- Padoch, C., J. Chota Inuma, W. de Jong, and J. Unruh. 1985. Amazonian agroforestry: A market-oriented system in Peru. *Agroforestry Systems* 3:47–58.
- Padoch, C. and W. de Jong. 1987. Traditional agroforestry practices of native and ribereño farmers in the lowland Peruvian Amazon. In H. L. Gholz, ed., *Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials*, 179–194. Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.
- Padoch, C. and W. de Jong. 1989. Production and profit in agroforestry: An example from the Peruvian Amazon. In J. Browder, ed., *Fragile Lands of Latin America*, 102–113. Boulder, CO: Westview Press.
- Padoch, C., and W. de Jong. 1995. Subsistence- and market-oriented agroforestry in the Peruvian Amazon. In T. Nishizawa and J. I. Uitto, eds., *The Fragile Tropics of Latin America: Sustainable Management of Changing Environments*, 226–237. New York: United Nations University Press.
- Pinedo-Vasquez, M., J. Barletti Pasquale, D. Del Castillo Torres, and K. Coffey. 2002a. A tradition of change: The dynamic relationship between biodiversity and society in Sector Muyuy, Peru. *Environmental Science & Policy* 5:43–53.
- Pinedo-Vasquez, M., C. Padoch, D. McGrath, and T. Ximenes. 2002b. Biodiversity as a product of smallholders’ strategies for overcoming changes in their natural and social landscapes. In H. Brookfield, C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking, eds., *Cultivating Biodiversity: The Understanding, Analysis and Use of Agrodiversity*, 167–178. London: ITDG Publications.
- Posey, D. 1992. Interpreting and applying the “reality” of indigenous concepts: What is necessary to learn from the natives? In K. Redford and C. Padoch, eds., *Conservation of Neotropical Forests: Working*

- from *Traditional Resource Use*, 21–34. New York: Columbia University Press.
- Rerkasem K., N. Yimyam, C. Korsamphan, and B. Rerkasem. 2002. Agrodiversity lessons in mountain land management. *Mountain Research and Development* 22:4–9.
- Richards, P. 1993. Cultivation: Knowledge or per for mance? In M. Hobart, ed., *An Anthropological Critique of Development: The Growth of Ignorance*, 61–78. London: Routledge.
- Sawadogo, M., J. Ouedrago, M. Belem, D. Balma, B. Dossou, and D. Jarvis. 2005. Influence of ecosystem components on cultural practices affecting the in situ conservation of agricultural biodiversity. *Plant Genetic Resources Newsletter* 141: 19–25.
- Scoones, I. and J. Thompson. 1994. Knowledge, power and agriculture: Towards a theoretical understanding. In I. Scoones and J. Thompson, eds., *Beyond Farmers First: Rural People's Knowledge, Agriculture Research and Extension Practice*, 16–32. London: Intermediate Technology Publications Ltd.
- Stiver, R. H. and N. W. Simmonds. 1987. *Bananas*. Tropical Agriculture Series. Rome: FAO.

Т. ДЖОНС

Растительное биологическое разнообразие необходимо для здоровья человека. Растения содержат как питательные, так и лекарственные вещества, формируют компоненты здоровой экосистемы и способствуют социально-культурному благополучию. Традиционная ценность и научные концепции пересекаются с необходимостью разнообразия рациона, в частности, фруктов и овощей, для здоровья. Перед лицом экономических и экологических изменений, увеличивающееся упрощение питания большого количества людей до ограниченного числа пищевых продуктов с высоким энергетическим содержанием представляет беспрецедентные затруднения для здоровья. В то же время постепенно исчезают культурные знания свойств растений. Таким образом, сохранение биологического разнообразия и знаний его использования, сохраняет адаптивные уроки прошлого и предоставляет необходимые ресурсы для настоящего и будущего здоровья.

Соображения питания и здоровья создают сильную связь между требованиями для обеспечения человеческого благосостояния и сохранением биологического разнообразия. Соответственно, пищевая перспектива оживляет способы мышления о генетических ресурсах растений (ГРР) и питание может занимать заметное место в усилиях по сохранению и использованию ГРР. Хотя связи между агробιοразнообразием, пищевым разнообразием и здоровьем кажутся, в принципе, логичными, эмпирические данные по достоверности подходов, основанных на пище, к здоровью должны убедить лиц, принимающих решения в том, как связи, работающие на практике, неудовлетворительны. Такие данные также необходимы для реализации стратегий, которые развивают сохранение генетических ресурсов растений посредством усиления их использования и ценности для производителей и потребителей в развивающихся странах. Самое главное, эмпирическое исследование и исследование с непосредственным участием всех задействованных сторон связей между пищевым разнообразием, здоровьем и биологическим разнообразием может предоставить основание для проектирования программ, которые позволяют развивающимся странам эффективно реагировать на текущие проблемы и будущие изменения в пищевых системах, окружающей среде и формах заболеваний.

Пищевое разнообразие и здоровье

Небольшое число эпидемиологических исследований поддерживают общепринятые взгляды, реализованные в рекомендациях по правильному питанию относительно выгод разнообразного питания (Johns, 2003; Johns и Sthapit, 2004). К примеру, американские женщины (средний возраст - 61 год), которые потребляли большее количество рекомендованной пищи, подвергались меньшему риску смертности (Kant и др., 2000). Женщины в высшей квартили (средний показатель разнообразия 15) имели вероятность смертности в течение 5.5 лет – 0,69 в сравнении с низшей квартилью (показатель разнообразия - 7). Связь пищевого разнообразия с долгожительством и сниженным уровнем хронических дегенеративных заболеваний таких, как сердечно-сосудистые заболевания, диабет и рак у мужчин и женщин была показана в работе Канта и др. (1995).

В итальянском исследовании пищевого разнообразия, особенно в овощах и фруктах, было связано меньшим коэффициентом заболеваемости раком желудка (La Vecchia и др., 1997). Это совпадает с признанной связью выгод средиземноморского питания для сокращения риска хронических дегенеративных заболеваний посредством потребления фруктов и овощей (Trichopoulou и Vasilopoulou, 2000). Так же, Дреновски и др. (1996) указывает, что хотя французское питание содержит больше жиров, чем питание в США и, следовательно, ниже показатели качества питания, общее разнообразие, вероятно, объясняет его очевидные выгоды.

Меньше данных поддерживающих вклад пищевого разнообразия в здоровье в развивающихся странах (Johns, 2003). Однако, пищевое разнообразие было связано с улучшенным ростом детей от одного до трех лет в Кении (Oponango и др., 1998). В Мали, Харлой и др. (1998) продемонстрировали сильную связь разнообразия фруктов и овощей с общим питательным соответствием и отдельными питательными веществами такими, как витамины А и С.

Среди различных исследований, непоследовательное измерение разнообразия показателями числа пищевых продуктов и количеством высококачественных пищевых продуктов, делает трудным проведение сравнения и вывода общих заключений. Тем не менее, данные различных подходов последовательно поддерживают предположение, что разнообразие фруктов и овощей способствует питанию и здоровью.

Пищевая функциональность относительно пищевого разнообразия

Качество питания, так как оно способствует выгодам для здоровья от пищевого разнообразия, может быть частично объяснено, но ни в коем случае не исключительно содержанием питательных веществ. Пищевое качество питания улучшается с потреблением большего пищевого разнообразия (Hatløy и др., 1998; Johns, 2003). Однако, одно содержание витаминов, минералов, белков и энергии не объясняет выгоды, связанные со средиземноморским, корейским (Kim и др., 2000) или другим видом рациона. Различные непитательные вещества такие, как фитохимические вещества и волокно, наряду с качеством источников энергии также играют важную роль (Trichopoulou и Vasilopoulou, 2000).

Такое научное понимание стимулировало внимание к так называемым функциональным продуктам питания (Johns и Romeo, 1997; Hasler, 1998; Milner, 2000) больше в развивающихся странах, где, как спрос, так и предпринимательская инициатива способствуют интересу. Лицензирование Продуктов питания особого использования для здоровья в Японии начиная с 1991 года (Arai, 2000; Arai и др., 2001) и принятие Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США утверждений о полезности для здоровья в рамках Закона о маркировке продуктов питания от 1990 года (www.cfsan.fda.gov/~dms/lab-hlth.html; Ross, 2000) предоставляют поддержку и стимулы для распознавания возможностей продуктов питания по способствованию здоровью помимо основного питания. Помимо этого, многие пищевые добавки и природные лекарственные средства, продаваемые в лекарственной форме, такие как чеснок и виноградные косточки направлены на заболевания и состояния, связанные с питанием (Blumenthal и др., 2000). Такие продукты происходят из, как традиционных продуктов питания, так и травяных источников, вместе способствуя растущему изобилию разнообразия растений принимаемых потребителями в развитых странах.

Многие из этих продуктов имеют давнюю традиционную репутацию и давно используются в различных частях мира. Соответствующие примеры продуктов питания и напитков, включают основные товары, такие как соя, чай, лён и помидор, а также местные виды, такие как *Vaccinium* (клюква, черника и голубика), мака (*Lepidium meyenii*) (Johns, 1981; Quiros и Aliaga-Cardenas, 1997), ройбуш (вид *Aspalanthus*) (Standley и др., 2001), лист опунции (*Opuntia ficus-indica*), рыбий жир и другие морепродукты.

Таблица 15.1 приводит примеры коммерчески важных функциональных продуктов питания. Во многих случаях функциональное действие может присваиваться особым химическим компонентам (Johns и Romeo, 1997). К

Таблица 15.1. Примеры функциональных продуктов питания, напитков и специй из растительных ресурсов

Растение	Физиологическое действие	Известный активный компонент	Ссылки
Китайская горькая тыква	Гипогликемическое		Marles и Farnsworth (1995)
Голубика, черника	Антиоксиданты	Полифенол	Wang и др. (1999)
Брокколи и другие крестоцветные овощи	Противораковое	Индол-3 карбинол, изоцианаты	Hasler (1998)
Цитрусовые	Противораковое	Лимонин	Montanari и др. (1997)
Клюква	Инфекции мочевых путей	Проантоцианидины	Howell и др. (1998)
Пажитник	Гипогликемическое		Marles и Farnsworth (1995)
Льняное семя	Противораковое, эстрогенное, гипохолестеролеми-ческое	Лигнан прекурсоры, α -линоленовая кислота	Hasler (1998),
Чеснок	Гиполипидемическое; гипотензивное; антибактериальное	Тиосульфиды	Hasler (1998), Blumenthal и др. (2000)
Овёс	Гипохолестеролеми-ческое	β - глюканы	Hasler (1998)
Оливковое масло	Снижение риска ССЗ	Олеиновая кислота, Полифенолы	Visioli и Galli (1998)
Лист опунции	Противодиабетиче-ское	Растворимая клетчатка?	Trejo-Gonzalez и др. (1996)
Подорожник	Снижение риска ССЗ	Растворимая клет-чатка	Hasler и др. (2000)
Ройбуш	Антимутагенное, антиоксидант	Полифенолы	Standly и др. (2001)
Соя	Гипохолестероле-мическое, сниже-ние риска ССЗ, противораковое, эстрогенное	Соевый белок, изофлавоны	Hasler (1998)
Чай	Антиоксидант	Полифенолы	Mukhtar и Ahmad (2000)
Чабрец	Антиоксидант, бронхоспазмолити-ческое	Фенолы: тимол, карвакрол	Nakatani (1997); Blumenthal и др. (2000)
Помидор	Антиоксидант, Противораковое	Ликопин	Hasler (1998)
Вино и виноград	Антиоксидант, сниже-ние риска ССЗ	Полифенолы	Hasler (1998)

ССЗ =сердечно-сосудистое заболевание.

примеру, многие фенольные смолы (например, флавоноиды), каротиноиды и другие фитохимические вещества являются антиоксидантами, играющими важную роль в метаболизме липидов и, в качестве антимуtagenных веществ. Эти действия положительно влияют на уменьшение риска возникновения сердечнососудистого заболевания, рака и других заболеваний. Другие противораковые вещества включают индолы и изотиоцианаты из крестоцветных овощей и фитоэстрогены, такие как изофлавоноиды и лигнаны из сои и льна, соответственно. Фитостерины, которые повсеместно встречаются в растениях, и тиосульфиды (аллицин и его производные) из видов рода *Allium* снижают риск коронарной болезни сердца посредством сокращения липидов крови. Помимо этого, природа липидного состава продуктов питания, в частности длина цепочки и ненасыщенность жирных кислот могут уменьшать ущерб для здоровья. Олеиновая кислота, мононенасыщенная жирная кислота из 18 углеродов, способствует пользе оливкового масла для здоровья. Полиненасыщенные жирные кислоты с длинными цепочками, которые формируются в животных жирах, имеют ряд важных метаболических и связанных со здоровьем ролей, которые вызваны их метаболизмом к эйкозаноидам (Simopoulos, 1994). Клетчатка, входящая в состав пищи, в частности растворимая клетчатка, способствует роли зерновых, таких как овёс, подорожника и многих фруктов и овощей в сокращении риска сердечного заболевания и рака. Растворимая и нерастворимая клетчатка, фитохимические вещества, препятствующие усваиваемости, присутствующие в пище, и свойства отдельных углеводов улучшают гликемический контроль и сокращают гиперлипидемию у пациентов-диабетиков (Johns и Chapman, 1995; McIntosh и Miller, 2001).

Тысячи фитохимических веществ, содержащие разнообразные структурные типы и отдельные соединения, различаются, как внутри, так и от растения к растению. Некоторые продукты питания в полной мере отличались диапазоном и функциональностью своих химических компонентов, но с увеличением количества данных, также должен пополняться список функциональных продуктов питания и связанных компонентов. Специализированное исследование разнообразных традиционных растений, потребляемых в качестве продуктов питания и лекарственных средств в развивающихся странах, таких как листовые овощи (Chweya и Eyzaguirre, 1999; Trichopoulou и др., 2000), помимо расширения списка наиболее известных видов в таблице 15.1 значительно усилит понимание их важности в традиционных продовольственных системах (Johns и Sthapit, 2004).

Глобальное изменение, питание и здоровье

Быстрые процессы изменения, как в индустриальных, так и развивающихся странах, которые сильно меняют связи между людьми и экосистемами, в которых они живут, имеют последствия, сказывающиеся на питании. Традиционные продовольственные системы зачастую представляют отлично налаженное и уникальное взаимодействие людских ресурсов, которое обеспечивает, чтобы потребности в питании и здоровье были удовлетворены (Johns, 1996; Kuhnlein и Receveur, 1996). Разрушение экологической целостности в свою очередь влияет на здоровье человека, заболевания и состояние питания (Johns и Eyzaguirre, 2000). Несоответствие диетическим требованиям, включая потерю разнообразия, представляет ключевой результат изменения, так как оно непосредственно ускоряет проблемы для здоровья человека. Ухудшение питания наряду с экологическими стрессами угрожает здоровью сообществ небывалыми способами, включая посредством недостаточного питания, иммунитета и инфекций, токсинов окружающей среды и окислительного стресса.

Недостаточное питание

Перенаселенность и факторы, ведущие к разрушению экосистемы и биологического разнообразия, которые подрывают потенциал по производству пищи, приводя к недостаточному потреблению или потреблению недостаточно питательных продуктов питания и, возможно, вследствие этого белково-энергетической недостаточности. Недостаточность питательных микровеществ может отражать разрушение традиционных моделей пропитания, приводящее к сокращению доступа к и потреблению специфичных биологических ресурсов.

Традиционные модели пропитания связывают расход энергии на закупку еды и другие мероприятия с потреблением продуктов питания с низкой плотностью энергии. Помимо чрезмерного потребления энергии, повышенной зависимости от переработанных продуктов может вредить здоровью пониженным потреблением питательных веществ и функциональных компонентов, которые незаметно защищают здоровье (Johns, 1999).

Данные по методам питания большинства населения недостаточны для внедрения, со временем, изменений в разнообразие потребления отдельно взятых фруктов и овощей. Однако, тенденции национального потребления, во многих случаях, достаточно основательны, чтобы подчеркнуть

появляющиеся заболевания, такие как диабет и коронарная болезнь сердца (Porpin и др., 2001b). Списки продовольственного баланса (apps.fao.org/) Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) по нескольким Восточноафриканским странам за последние 35 лет, особенно Кении, указывают на значительное сокращение потребления бобовых на душу населения, одновременно с увеличением потребления пищевых масел (рис. 15.1). Принимая во внимание очевидную питательную (железо, волокно, белок) и функциональную (Milner, 2000) пользу бобов и зернобобовых культур, развивающееся воздействие на общественное здравоохранение недостатка питательных микровеществ и, возможно, белков, а также заболеваний вследствие чрезмерного потребления энергии, может быть весьма значительным, несмотря на возможное смягчающее действие разнообразия фруктов и овощей.

Традиционное вмешательство в недостаточное питание, включая клинические и пищевые добавки, добавление питательных веществ в пищевые продукты, прошедшие технологическую обработку (Allen и Gillespie, 2001), хотя и эффективное при гарантированном проведении и соответствующем контроле, при нормальных условиях предлагает несовершенные решения

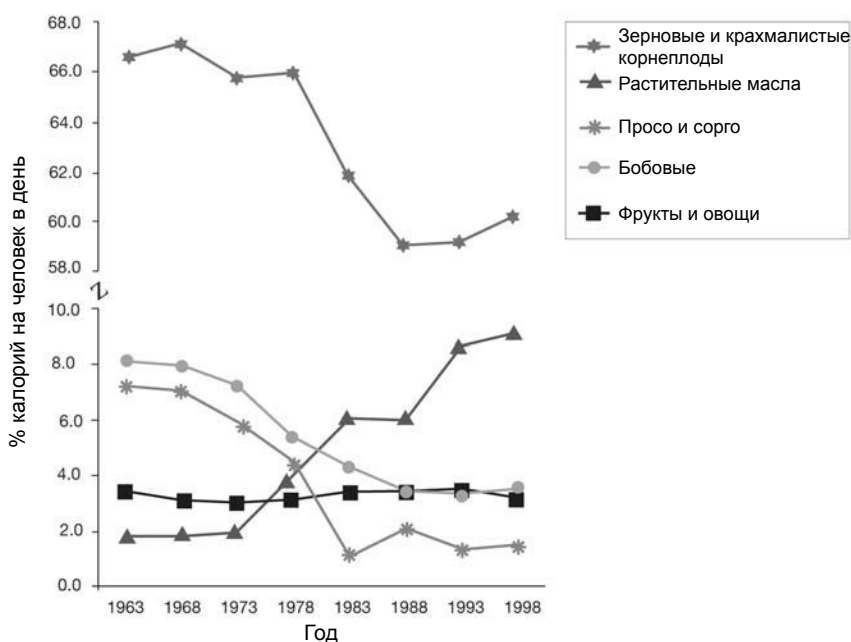


Рисунок 15.1. Сравнение доступной для потребления в Кении пищи (1963–1998). Представлены средние данные за три года (± 1 год) (из Списков продовольственного баланса ФАО, apps.fao.org/default.jsp).

для людей в развивающихся странах по экономическим, техническим и культурным причинам. Более того, одиночно-питательные реакции на выявляемые недостатки, хотя прямо подходят, могут проводиться за счет решения вопросов множественных, обычно более непонятных недостатков и не смогут предоставить баланса, необходимого для долгосрочного здоровья.

Решения на основе продуктов питания – помимо увеличения доступности и потребления витаминов А и С, фолата, железа и других питательных микровеществ – вероятно будут достаточно поддерживаться (Allen и Gillespie, 2001), особенно, если они подходят с экологической и культурной точек зрения. Однако, оценка программ вмешательства на основе продуктов питания была недостаточной и должна быть приоритетной для любых усилий по использованию ГРП для данной цели.

Иммунитет и инфекция

Факторы заболевания, имеющие происхождение в окружающей среде подрывают состояние питания, что, в свою очередь, играет важную роль в степени тяжести и распространенности заболевания. Разрушения естественных экосистем может увеличить уровень инфекционных заболеваний, посредством увеличения подвергания трансмиссивным болезням, таким как малярия, лейшманиоз и лихорадка денге (Spielman и James, 1990) или путем воздействия факторов, связанных с плотностью, таких как санитария и прямая передача от человека к человеку. Основные проблемы общественного здравоохранения глобальной важности, такие как туберкулез, желудочно-кишечные заболевания, корь и респираторное заболевание, все отражают взаимосвязь факторов питания и окружающей среды (Platt, 1996). Недостаточное питание может привести к нехватке питательных микровеществ, таких как витамин А и железо, которая влияет на иммунную систему и составляет те или иные заболевания (Tomkins, 2000), таких как ВИЧ и СПИД. Воздействие потенциальных функциональных свойств (таких как иммуностимулирующее и антиоксидантное) в традиционном рационе и лекарствах намного менее понятно.

Окислительное состояние

Окислительное состояние играет важную роль в стадиях многих болезней, включая хронические заболевания, такие как диабет, сердечно-сосудистое заболевание, а также в качестве, как причинного фактора,

так и неблагоприятного последствия. Загрязнение окружающей среды промышленными и сельскохозяйственными химическими веществами, такими как тяжелые металлы, хлорорганические соединения и радионуклиды, подвергает риску питательное состояние (Kuhnlein и Chan, 2000) и оказывает, как местное, так и глобальное воздействие на питание и здоровье, включая выступление в качестве серьезного источника окислительного стресса. Внешние антиоксиданты, в частности пищевые витамины и непитательные вещества, формируют ключевой компонент нормальной защиты против окислительного стресса. Следовательно, сокращение приема разнообразия растительной пищи имеет отрицательные последствия, тогда как повышенное использование предлагает положительные решения.

Урбанизация и транзición питания

Городское население оказывает растущее воздействие на окружающую среду посредством спроса на рынке, путем оседания в природных и сельскохозяйственных зонах, а также посредством загрязнения, связанного с промышленным ростом и городским мусором. В этой ситуации городская беднота вдвойне подвергается воздействию недостатка пищи и отрицательных последствий проживания в нездоровых условиях.

Увеличивая число людей, обеспеченных в плане энергии, ресурсоемкое, высокоурожайное сельское хозяйство и транспорт дальнего следования, которые повышают доступность и экономичность очищенных углеводов (пшеница, рис, сахар) и пищевых масел (ВОЗ, 2003), также поддерживают транзición питания (Popkin и др., 2001a; Chopra и др., 2002; Popkin, 2002). Кроме того, глобализация культуры и торговли стимулирует следование западным образцам пищевых систем и рационов развивающихся стран. Городское население в большей степени зависит от покупаемой пищи, чем люди в сельской местности, при меньшем доступе к разнообразию дикорастущих и местных продуктов питания. Выбор покупаемой пищи определяется доступностью и экономичностью, так бедность в городах становится большим ограничением для пищевого разнообразия, чем в традиционных продовольственных системах. Одновременно, так как сельские производители становятся все более связанными с городскими рынками в плане средств существования, отсутствие спроса на продукты, которые многие потребители не могут себе позволить, может далее сократить объемы рынка и сделать производство менее экономически жизнеспособным.

Транзиция питания

Потребление пищи, полученной из высокоэнергетических растений, и продуктов питания животного происхождения совмещается с меньшим расходом энергии. Большее разнообразие, включая фрукты и овощи, в основном доступное городским жителям, не обязательно переходит в потребление (Popkin и др., 2001b), в частности беднотой. Продукты, прошедшие технологическую обработку, доступны для покупки через современные рыночные системы, хотя, потенциально разные по торговой марке и составу, могут включать ограниченное фактическое биологическое разнообразие, часто связанное с использованием импортируемых заменителей местных продуктов питания.

Эта транзиция питания ведет к развитию эпидемий сахарного диабета 2 типа, сердечно-сосудистого заболевания, ожирения, рака и других хронических незаразных заболеваний даже в бедных странах (Popkin и др., 2001a; Chopra и др., 2002; Popkin, 2002; ВОЗ, 2003). Последствия питания с высоким содержанием углеводов и жиров далее усложняются и комбинируются с другими неблагоприятными факторами в развивающихся странах, где изменения питания, в сочетании с бедностью, высоким уровнем инфекционных заболеваний и недостаточным питанием, создают двойное бремя (Popkin и др., 2001a; Popkin, 2002). Калорийность дешевой пищи в сочетании с низким уровнем разнообразия и качеством питания приводит к ожирению, в частности женщин, вместе с недоеданием в домашнем хозяйстве (Doak и др., 2000). Раннее детское недоедание (программирование эмбриона), вероятно, увеличивает восприимчивость к диабету и другим условиям в последующей жизни (Popkin и др., 2001a). Эпидемии хронических незаразных заболеваний могут, как ожидается, сильнее развиваться в странах со стареющим населением. Глобальная стратегия ВОЗ в области питания, физической активности и здоровья (ВОЗ, 2003) утверждает центральное положение подходов, основанных на питании в борьбе с незаразными заболеваниями.

Несколько исследований питания, проведенные в африканских городах, указывают на тенденции, похожие на те, что уже хорошо известны в Азии и Латинской Америке: снижение расхода энергии наряду с повышенной зависимостью от сильно зажаренных продуктов питания, полученных из крахмальных источников, таких как манионка, пшеница и картофель, и пониженным потреблением свежих фруктов и овощей (Mennen и др., 2000). Для беднейших и наиболее уязвимых слоев населения эти продукты часто принимают форму уличной пищи (Van t' Riet и др., 2001) с низкой питательной плотностью. В результате, в Африке, для больших слоев населения условия чрезмерного потребления энергии, вероятно, будут сосуществовать с

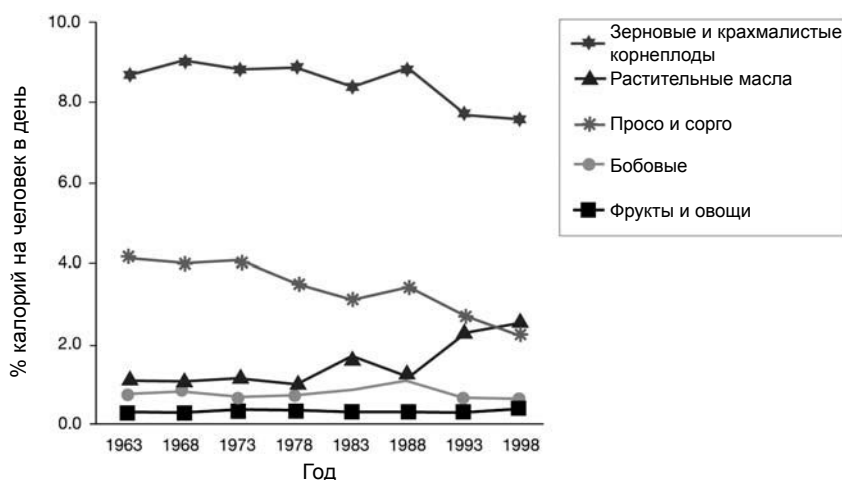


Рисунок 15.2. Сравнение доступной для потребления в Сенегале пищи (1963-1998). Представлены средние данные за три года (± 1 год) (из Списков продовольственного баланса ФАО, apps.fao.org/default.jsp).

классической недостаточностью питательных веществ и инфекционным заболеванием (Buogne и др., 2002; Johns, 2003).

Сенегал показывает даже более резкое увеличение потребления пищевых масел, чем в Кении (рис. 15.1), доступные калории из пищевого масла и жира увеличились с 1963 по 1998 год с 8% до 20% (рис. 15.2). Хотя повышенное количество жиров полезно при питании для истощенных людей с целью повышения энергии и содействия наличию витамина А, увеличение всех доступных калорий из жиров в сенегальской пище с 18% до 29%, другими словами до уровня равного рекомендованному в развитых странах, указывает, что значительное количество людей потребляет больше, чем рекомендуется. В то же время, судя по всему, наполовину (и даже больше в Кении) снизилось потребление традиционных зерновых – проса и сорго, продуктов, которые, хотя недостаточно питательны, удобоваримы и приятны на вкус, предлагают потенциальную антиоксидантную (Sripriya и др., 1996) и гипогликемическую пользу, соответствующую экзотическим зерновым – пшенице, рису и кукурузе.

С урбанизацией африканских стран, расположенных к югу от пустыни Сахары, проектируемой Программой ООН по населённым пунктам (www.unhcr.org/unhcr/english/stats/table2.htm) по 4% в год для достижения 50% населения региона в ближайшие 15 лет, крайне необходимы решения для предотвращения воздействия данной тенденции на питание и здоровье.

Здесь и в глобальном масштабе, более важная роль биологического разнообразия растений, на основе научной оценки свойств растений, программ

культурной поддержки, пищевого образования, инновационной обработки и торговли предоставляет возможные пути для смягчения воздействий изменения.

Важность разнообразия культур и пренебрегаемые и малоиспользуемые виды

Эрозия разнообразия пищевых культур

Несмотря на то, что более 7000 видов растений традиционно использовались в пищу, три вида – рис, пшеница и кукуруза – составляют 60% от общего потребления калорий в питании человека сегодня (Eyzaguirre и др., 1999). Глобальное современное сельское хозяйство обычно фокусируется на урожаях нескольких культур, и годы селекционных исследований вывели сорта повышенной урожайности и устойчивости к вредителям и засухам небольшого количества пищевых видов. Абсолютная значимость сельскохозяйственного усилия, применяемого к трем основным культурам, привела к сокращению потребления более разнообразных культур. Также имел место сопутствующий спад в разнообразии потребляемых видов овощей и фруктов. Эту тенденцию составляют культурный обмен и урбанизация (Chweya и Eyzaguirre, 1999). Кроме того, многие традиционные продукты питания ассоциируются с бедностью и отсталостью. Результатом является ликвидация моделей питания и потеря пищевого разнообразия. Мало известно о воздействии таких изменений рациона на человеческое питание и здоровье.

Пренебрегаемые и малоиспользуемые виды

Учитывая хорошо поддерживаемые программы пищевого разнообразия, ассортимент продуктов питания, несомненно, способствует сбалансированному питанию местных сообществ (Padulosi, 1999). В Африке, к примеру, пренебрегаемые и малоиспользуемые виды (ПМВ) местной пищевой важности включают в себя зерновые культуры, такие как фонио (*Digitaria exilis*), корнеплоды и клубни, такие как ямс, зернобобовые культуры и семена масличных культур, такие как земляные бобы (*Vigna subterranea*) (Heller и др., 1997), листовые овощи (Chweya и Eyzaguirre, 1999) и тропические фрукты, такие как африканская слива (*Dacryodes edulis*) или куст манго (*Irvingia gabonensis*).

Хотя важность разнообразия и мудрость, накопленная в традиционных

системах, которые объединяют ПМВ, могут высоко цениться даже без знаний специфических питательных составляющих отдельных компонентов питания, существующие данные о некоторых видах, предоставляют полезное понимание того, как они способствуют здоровью. К примеру, баобаб (*Adansonia digitata*), молодые листья и плоды которого употребляются в пищу, имеет важное местное пищевое значение в нескольких африканских странах (Diouf и др., 1999). Мякоть плода и сушеные листья, которые добавляются в овсяную кашу, перерабатываются в соусы и добавляются непосредственно в приготавливаемые блюда (Diouf и др., 1999; Maundu и др., 1999), являются хорошими источниками кальция (West и др., 1988; Glew и др., 1997; Boukari и др., 2001). Кроме того, они совмещают железо и витамин С в количествах, которые могут взаимодействовать с целью увеличения поглощения железа и предотвращения анемии. Даже без всестороннего анализа мы знаем, что листовые овощи в целом делают важный вклад в виде провитамина А, витамина С, фолата, железа, кальция, волокна и белка (West и др., 1988; Uiso и Johns, 1996; Chweya и Eyzaguirre, 1999), несмотря на последние разногласия по поводу биологической доступности провитамина А (Solomons и Bulux, 1997; de Pee и др., 1998).

Питательная ценность традиционных съедобных видов и сортов

Хотя дикорастущее и культивируемое биологическое разнообразие в большинстве развивающихся регионов игнорируется в исследованиях пищевого рациона и анализах состава, Листы продовольственного баланса ФАО и принятие стратегий и решений (Johns, 2003), такие ресурсы, несомненно, делают важный вклад в полноту рациона (Chweya и Eyzaguirre, 1999; Burlingame, 2000; Johns, 2003; Kuhnlein и Johns, 2003). Исследования домашних садов установили связи между разнообразием и состоянием питания (Marsh, 1998; Johns, 2003). В некоторых случаях вклад собираемых видов в виде специфических питательных веществ явно очевиден (Ogle и др., 2001a, 2001b), а многие местные виды отличаются исключительными питательными свойствами (Rodriguez-Amaya, 1999; Johns, 2003).

Документации вклада внутривидового разнообразия в питание и здоровье уделялось мало внимания и недостаточное количество аналитических ресурсов. Исследование на основе фермеров показывает богатство традиционного знания и представлений относительно здоровья, рецепторных и кулинарных свойств местных сортов культур (ФАО, 2001). Скрининг основных культур (Fassil и др., 2000; Graham и Rosser, 2000; ФАО, 2001; Johns, 2003; Johns и Sthapit,

2004), хотя и не завершённый, явно документирует широкое многообразие питательных и функциональных свойств, которые несомненно имеют последствия для состояния питания населения и отдельных потребителей (помимо своей полезности для растениеводов). Потенциальное генетическое изменение состава питательных веществ в ПМВ (подтверждено, Calderon и др., 1991; Chweya и Eyzaguirre, 1999; Burlingame, 2000) было даже менее задокументировано.

Внутривидовое разнообразие

В перспективе сохранения и использования ГРП, внутривидовая изменчивость состава питательных и непитательных веществ в сельскохозяйственных культурах представляет особый интерес. Хотя небольшое количество данных систематически набиралось, изменения в составе β -каротина в сладком картофеле (Huang и др., 1999; Ssebuliba и др., 2001) и каротиноидов в кукурузе (Kurilich и Juvik, 1999) представляют примеры вероятного диапазона функционального разнообразия, которое присутствует между видами.

В рамках традиционных систем сельскохозяйственных продуктов, картофель представляет интересный случай. Жители Анд поддерживают большое количество отдельных генотипов в хозяйствах и в рационе, наиболее сильно отличающиеся пигментами, обусловленными полифенолами и ксантофиллами (лютеин и зеаксантин), каротиноидами (Brown и др., 1993) с известными функциональными свойствами и, соответственно, значением для здоровья.

Функциональное разнообразие в контексте развивающегося мира

Традиционные представления о пище часто включают ассоциации со здоровьем, которые, в целом, не связаны с питательными веществами, а больше со специфическими функциональными свойствами. Некоторые традиционные представления, такие как тонирующие средства или улучшители могут быть понятны в плане питательности. Другие свойства пищи связаны с физиологическими или фармакологическими свойствами и могут поддерживаться научными исследованиями в этих областях.

Многие выгоды непитательных веществ могут превысить выгоды, получаемые от питательных веществ. К примеру, питание овощами, которое предоставляет ограниченный вклад в улучшение состояния витамина А,

приводит к существенному увеличению сывороточного уровня лютеина (de Pee и др., 1998), антиоксиданта, чьи защитные свойства в отношении глазных болезней (Sommerburg и др., 1998; Brown и др., 1999; Gale и др., 2001), а также сердечно-сосудистого заболевания и рака, все больше признаются, как значимые для здоровья в развитых странах. Такое понимание имеет потенциальную значимость в тропических странах, таких как африканские, где катаракта является основной причиной слепоты (Lewallen и Courtright, 2001). Хотя сбор данных по ксантофиллам (Holden, 1999; O'Neill и др., 2001) указывает на насыщенность листовых овощей данными каротиноидами, требуется расширение анализа местных пищевых растений. В свете данного важного функционального действия, целенаправленное внимание, уделяемое ограничению листовых овощей и других растительных продуктов в качестве источников провитамина А (Solomons и Bulux, 1997; de Pee и др., 1998) кажется близоруким.

Потенциальные функции, связанные со здоровьем, местных пищевых растений, включают антибиоз, иммуностимулирующее, воздействие на нервную систему, детоксификационное и противовоспалительное, противоподагровое, антиоксидантное, гликемическое и гиполипидемическое свойства. Этноботаническая и аналитическая работа в Центре питания коренного населения и окружающей среды, а также в Университете Макгилл (McGill University), среди многих других групп, обратилась к ряду функциональных выгод для здоровья традиционных растений, потребляемых в пищу.

К примеру, народность Луо из западной Кении и Танзании приписывают действие против желудочно-кишечных заболеваний листовым овощам, которые являются важным компонентом их традиционного рациона. Среди них, *Solanum nigrum* в особенности имеет сильное действие против протозойного паразита *Giardia lamblia* (Johns и др., 1995). Кроме того, мы отметили антиоксидантное действие фенольных смол (Lindhorst, 1998) и холестерол связывающее действие сапонинов (Chapman и др., 1997; Johns и др., 1999) в корнях и коре, которые пастухи Масаи добавляют в жирные супы и молоко, потенциальное гиполипидемическое действие смолы, которую жуют Масаи (Johns и др., 2000), антиоксидантное действие тибетского лечения сердечного заболевания (Owen и Johns, 2002) и противодиабетические лекарства местных жителей северных лесов восточной Северной Америки (McCune и Johns, 2000). Мы также определили действие ксантин оксидазы в традиционных средствах лечения подагры и связанных симптомов из этой области (Owen и Johns, 1999) и в пищевых добавках Масаи (неопубликованные результаты).

Потому что такое функциональное действие на человеческое здоровье может

приписываться фитохимическим компонентам этих растений, разнообразие действия и химического состава добавляют новые степени разнообразию присущему пище и лекарственным растениям, используемым по всему миру.

Несмотря на потенциал дохода, который может быть получен от коммерциализации некоторых традиционных продуктов питания и лекарственных средств, функциональность, в основном, имеет различную значимость при удовлетворении потребностей большинства населения в развивающихся странах, чем в Европе, Северной Америке или Японии. Для пропитания сельских жителей или в рационе городского населения, функция культурно важных видов имеет непосредственную биологическую и социальную важность для настоящего и будущего здоровья людей в развивающихся странах, что гарантирует поддержку исследования и программ, подходящих для данного контекста.

Адаптация и оптимизация пищи

Рациональное использование пищевых ресурсов и применение знаний, касающихся их значимости может определить направление оптимальной адаптации к изменениям, с которыми столкнулось население по всему миру (Johns и Eyzaguirre, 2002). Учитывая масштаб и беспрецедентную природу изменений, происходящих в образе жизни, научном понимании связей между окружающей средой, рационом, здоровьем и неблагоприятными последствиями текущего изменения и научная оценка свойств растительных и животных продуктов питания кажутся необходимыми инструментами для достижения новых решений современных проблем. В данном процессе адаптации, однако, важны прошлые уроки, представленные богатыми местными знаниями биологических ресурсов и экосистем, а также разнообразия самих ресурсов. В этой связи документированию и изучению мирового биокультурного разнообразия должен придаваться высший приоритет.

Развитие связей между питанием, здоровьем и сохранением ГРР

Питание и здоровье предлагают несколько потенциальных точек входа в программы и мероприятия по ГРР, и связи между питанием и ГРР могут развиваться одновременно на нескольких фронтах. Учитывая обязательность обеспечения человеческого благополучия при сохранении биологического разнообразия, сохранение и использование биологического разнообразия,

а также местные и глобальные человеческие потребности предоставляют отдельные, но дополняющие подходы. В первом случае, мероприятия, связанные с питанием могут определяться в рамках *ex situ* и *in situ* стратегий по сохранению и использованию ГРП. В свою очередь, потребности фермеров и потребителей в питании и здоровье, а также научные вопросы и вопросы общественного здравоохранения глобального интереса могут руководить деятельностью ГРП.

С большим осознанием приоритетов питания и здоровья в сельскохозяйственной и экологической науке, а также роли растительного биологического разнообразия в сообществе международного здравоохранения, ученые и учреждения, задействованные в сельском хозяйстве, сохранении окружающей среды и здравоохранении, могут лучше решать современные проблемы путем создания и использования возможностей сотрудничества.

Определение приоритетов исследования питания и здоровья

В областях, связанных со здравоохранением ГРП предлагает полезные перспективы по ряду вопросов современной научной и здравоохранной важности, включая недостаточность питательных микровеществ и стратегии на основе пищи по решению множественных параллельных недостаточностей; биологическая доступность провитамина А, железа и других питательных веществ в фруктах и овощах; питание и болезни; транзición питания; лекарственные растения, в качестве физиологических сокращения риска для здоровья.

В рамках данных приоритетов здравоохранения, исследовательская деятельность, связывающая питание и ГРП (Johns, 1999, 2002), которая может начаться, может включать лабораторный анализ, определяющий сорта культур и второстепенные культуры с выборочными питательными свойствами (подтверждено Booth и др., 1994); базы данных по составу, с упором на внутривидовое разнообразие; *on-farm* и внутри общинные мероприятия, фокусирующиеся на местном знании свойств растительных ресурсов, связанных со здоровьем; формулировании и объединении критериев и показателей оценки потребительского качества (напр. рецепторная привлекательность, питательность, кулинарная ценность, токсикологичность и лекарственные свойства), как для *in situ*, так и *ex situ* подходов в сохранении и использовании ГРП; показателях пищевого разнообразия для дальнейшего упрочнения важности ГРП и служения в качестве простых и недорогих индикаторов состояния питания в контексте развивающейся страны (Hatløy и

др., 1998); и исследовании общественного здравоохранения (ВОЗ, 2003).

Так как бедность является единственным важным определяющим фактором недостаточного питания и болезни, крайне необходимо повышенное понимание синергии между сохранением биологического разнообразия, экономикой и питанием (Johns и Sthapit, 2004).

Заключение

Разнообразие в растительных ресурсах играет важную роль в удовлетворении потребностей человеческого населения в питании и здоровье, а также социально-культурных потребностей. Биологическое разнообразие приравнивается к пищевому разнообразию, которое приравнивается к здоровью. В современном мире, где глобальное изменение влияет на традиционную экологию путями, которые угрожают биологическому разнообразию и, в то же время, подрывают существование человека, здоровье является важным обоснованием управления биологическим разнообразием и сохранением ГРП.

Растительные ресурсы в паре с биокультурной мудростью, присущей традиционным системам может помочь решить серьезные проблемы продовольственной небезопасности и недостаточного питания, стоящие перед развивающимися странами. В то же время, растительное разнообразие является необходимым ресурсом, так как общества адаптируются к изменениям, в частности связанным с урбанизацией. В этой связи, связи между селом и городом являются критически важными. Разнообразное питание и функции для здоровья, которые растения осуществляют в традиционной культуре, а также местные знания разнообразия растений предлагают потенциально ценные решения, которые позволяют биологическому разнообразию решать уникальные проблемы, стоящие перед современным обществом.

Основные международные инициативы в питании, продовольственной безопасности и сельском хозяйстве, в основном фокусируются на отдельных характеристиках пищи или нескольких видах и генотипах. Хотя это понятно, учитывая степень сложности проблем недостатка питательных микровеществ и продовольственной небезопасности в случае с большими сегментами населения, такой направленный подход игнорирует сложность природы связей между человеком и окружающей средой и полифакториальную природу человеческих заболеваний и здоровья. Разнообразие питания является непосредственной мерой качества питания. Следовательно, излишнее подчеркивание количества урожая, а не качества, а также отдельных питательных веществ или ограниченного количества продуктов питания в программах биологической

добавки питательных веществ или пищевой модификации может быть очень недальновидным. Немедленные положительные результаты могут быть не получены или привести к неблагоприятным последствиям в долгосрочной перспективе, так как они ограничивают сложность и функциональное разнообразие рациона и возможно ускоряют болезненное состояние.

Более того, краткосрочный успех при удовлетворении потребностей в питании может иметь отрицательные последствия в виде разрушения биологического разнообразия, местного знания его использования и социально-культурных ценностей, которые способствуют их поддержанию. В свою очередь, потеря разнообразия способствует основным проблемам со здоровьем, таким как диабет. В рамках ограниченных экономических и технологических вариантов в развивающейся стране, последствия изменения к пищевой простоте вероятно преувеличены, так как они ограничивают способность людей адаптироваться к меняющимся условиям. Фокус на технологических решениях создает зависимость от технологии, которая, вероятно, не будет доступна для решения побочных проблем. Без сокращения бедности или внимания, уделяемого экономическим факторам, ограничивающим доступность разнообразных рационов, выгода традиционных продовольственных систем не может поддерживаться. Только целостный подход к пищевому разнообразию, поддерживающий широкую доступность разнообразных культур и съедобных растений может поднимать состояние питания и здоровья людей на устойчивой основе.

ГРП в рационе человека и медицине, а также знании, содержащемся в культуре в качестве неотъемлемого компонента сложности человеческих экологических систем, предлагают долгосрочный буфер для разрушительного изменения. Ближайшие подходы не предоставляют ни оптимальных, ни окончательных решений. Здоровье, желаемое для всех людей мира нечто намного большее, чем просто отсутствие болезней и физических недостатков (ВОЗ, 1946). Так как человеческое здоровье признается, как состояние полного физического, психического и социального благополучия, оно в сущности соединяет здоровье экосистем, в которых мы живем. В этом отношении, растительные генетические ресурсы имеют чрезвычайную пользу и неотъемлемую ценность.

Выражение признательности

Исследовательский совет Канады по естественным наукам и технике, Международный институт растительных генетических ресурсов, Квебекский

Фонд естественных и технических исследований (Fond Québécois de la Recherche sur la Nature et les Technologies) и Фонд медицинских исследований в Квебеке (Fonds de la Recherche en Santé du Québec) предоставили финансовую поддержку для данной работы. Пабло Эйзагирре, Миккель Грум и другие лица в Международном институте растительных генетических ресурсов способствовали развитию идей, изученных в данном разделе.

Литература

- Allen, L. H. and S. R. Gillespie. 2001. *What Works? A Review of the Efficacy and Effectiveness of Nutrition Interventions*. Geneva: ACC/SCN.
- Arai, S. 2000. Functional food science in Japan: State of the art. *Biofactors* 12:13–16.
- Arai, S., T. Osawa, H. Ohigashi, M. Yoshikawa, S. Kaminogawa, M. Watanabe, T. Ogawa, K. Okubo, S. Watanabe, H. Nishino, K. Shinohara, T. Esashi, and T. Hirahara. 2001. A mainstay of functional food science in Japan: History, present status, and future outlook. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 65:1–13.
- Blumenthal, M., A. Goldberg, and J. Brinckmann. 2000. *Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs*. New York: American Botanical Council.
- Booth, S., T. Johns, J. A. Sadowski, and N. W. Solomons. 1994. Phylloquinone as a biochemical marker of the dietary intake of green leafy vegetables of the K'ekchi people of Alta Verapaz, Guatemala. *Ecology of Food and Nutrition* 31:201–209.
- Boukari, I., N. W. Shier, X. E. Fernandez R., J. Frisch, B. A. Watkins, L. Pawloski, and A. D. Fly. 2001. Calcium analysis of selected western African foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 14:37–42.
- Bourne, L. T., E. V. Lambert, and K. Steyn. 2002. Where does the black population of South Africa stand on the nutrition transition? *Public Health Nutrition* 5(1A):157–162.
- Brown, C. R., C. G. Edwards, C. P. Yang, and B. B. Dean. 1993. Orange flesh trait in potato: Inheritance and carotenoid content. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118:145–150.
- Brown, L., E. B. Rimm, J. M. Seddon, E. L. Giovannucci, L. Chasan-Taber, D. Spiegelman, W. C. Willet, and S. E. Hankinson. 1999. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. *American Journal of Clinical Nutrition* 70:517–524.
- Burlingame, B. 2000. Wild nutrition. *Journal of Food Composition and Analysis* 13:99–100.
- Calderon, E., J. M. Gonzalez, and R. Bressani. 1991. Características agronomicas, fi si-cas, quimicas y nutricias de quince variedades de amaranto. *Turrialba* 41:458–464.
- Chapman, L., T. Johns, and R. L. A. Mahunnah. 1997. Saponin- like in vitro characteristics of extracts from selected non- nutrient wild plant food additives used by Maasai in meat and milk based soups. *Ecology of Food and Nutrition* 36:1–22.
- Chopra, M., S. Galbraith, and I. Darnton- Hill. 2002. A global response to a global problem: The epidemic of overnutrition. *Bulletin of the World Health Organization* 80:952–958.
- Chweya, J. A. and P. B. Eyzaguirre, eds. 1999. *The Biodiversity of Traditional Leafy Vegetables*. Rome: IPGRI.
- de Pee, S. C., W. West, D. Permaesih, S. Martuti, and J. G. A. J. Hautvast. 1998. Orange fruit is more effective than are dark- green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and beta- carotene in schoolchildren in Indonesia. *American Journal of Clinical Nutrition* 68:1058–1067.
- Diouf, M., M. Diop, C. Lo, K. A. Drame, E. Sene, C. O. Ba, M. Gueye, and B. Faye. 1999. Sénégal. In J. A. Chweya and P. B. Eyzaguirre, eds., *The Biodiversity of Traditional Leafy Vegetables*, 111–154. Rome: IPGRI.

- Doak, C. M., L. S. Adair, C. Monteiro, and B. M. Popkin. 2000. Overweight and underweight coexist within house holds in Brazil, China and Russia. *Journal of Nutrition* 130:2965–2971.
- Drewnowski, A., S. A. Henderson, A. B. Shore, C. Fischler, P. Preziosi, and S. Hercberg. 1996. Diet quality and dietary diversity in France: Implications for the French paradox. *Journal of the American Dietetics Association* 96:663–669.
- Eyzaguirre, P. B., S. Padulosi, and T. Hodgkin. 1999. IPGRI's strategy for neglected and underutilized species and the human dimension of agrobiodiversity. In S. Padulosi, ed., *Priority- Setting for Underutilized and Neglected Plant Species of the Mediterranean Region*, 1–19. Rome: IPGRI.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2001. *Specialty Rices of the World: Breeding, Production and Marketing*. Rome: FAO.
- Fassil, H., L. Guarino, S. Sharrock, Bhag Mal, T. Hodgkin, and M. Iwanaga. 2000. Diversity for food security: Improving human nutrition through better evaluation, management, and use of plant genetic resources. *Food Nutrition Bulletin* 21:497–502.
- Gale, C. R., N. F. Hall, D. I. Phillips, and C. N. Martyn. 2001. Plasma antioxi-dant vitamins and carotenoids and age- related cataract. *Ophthalmology* 108: 1992–1998.
- Glew, R. H., J. VanderJagt, C. Lockett, L. E. Grivetti, G. C. Smith, A. Pastuszyn, and M. Millson. 1997. Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. *Journal of Food Composition and Analysis* 10:205–217.
- Graham, R. D. and J. M. Rosser. 2000. Carotenoids in staple foods: Their potential to improve human nutrition. *Food Nutrition Bulletin* 21:405–409.
- Hasler, C. M. 1998. Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Technology* 52:63–70.
- Hasler, C. M., S. Kundrat, and D. Wool. 2000. Functional foods and cardiovascular disease. *Current Atherosclerosis Reports* 2:467–475.
- Hatloy, A., L. E. Torheim, and A. Oshaug. 1998. Food variety: A good indicator of nutritional adequacy of the diet? A case study from an urban area in Mali, West Africa. *European Journal of Clinical Nutrition* 52:891–898.
- Heller, J., F. Begemann, and J. Mushonga, eds. 1997. *Bambara Groundnut Vigna subterranea (L.) Verdc.* Rome: IPGRI.
- Holden, J. M. 1999. Carotenoid content of U.S. foods: An update of the database. *Journal of Food Composition and Analysis* 12:169–196.
- Howell, A. B., N. Vorsa, A. Der Marderosian, and L. Y. Foo. 1998. Inhibition of the adherence of p-fimbriated *Escherichia coli* to uroepithelial- cell surfaces by proanthocyanidin extracts from cranberries. *New England Journal of Medicine* 339:1085–1086.
- Huang, A. S., L. Tanudjaja, and D. Lum. 1999. Content of alpha-, beta- carotene, and dietary fi ber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 12:147–151.
- Johns, T. 1981. The añu and the maca. *Journal of Ethnobiology* 1:208–212.
- Johns, T. 1996. Phytochemicals as evolutionary mediators of human nutritional physiology. *International Journal of Pharmacognosy* 34:327–334.
- Johns, T. 1999. The chemical ecology of human ingestive behaviors. *Annual Review of Anthropology* 28:27–50.
- Johns, T. 2002. Plant genetic diversity and malnutrition: Practical steps for developing and implementing a global strategy linking plant genetic resource conservation and nutrition. *African Journal of Food and Nutritional Sciences* 2(2):98–100.
- Johns, T. 2003. Plant biodiversity and malnutrition: Simple solutions to complex problems. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 3:45 –52.
- Johns, T. and L. Chapman. 1995. Phytochemicals ingested in traditional diets and medicines as modulators of energy metabolism. In J. T. Arnason and R. Mata, eds., *Phytochemistry of Medicinal Plants*, Recent Advances in Phytochemistry 29, 161–188. New York: Plenum.
- Johns, T. and P. B. Eyzaguirre. 2000. Nutrition for sustainable environments. *SCN News* 21:24–29.

- Johns, T. and P. B. Eyzaguirre. 2002. Nutrition and the environment. In *Nutrition: A Foundation for Development*. Geneva: ACC/SCN.
- Johns, T., G. M. Faubert, J. O. Kokwaro, R. L. A. Mahunnah, and E. K. Kimanani. 1995. Anti-giardial activity of gastrointestinal remedies of the Luo of East Africa. *Journal of Ethnopharmacology* 46:17–23.
- Johns, T., R. L. A. Mahunnah, P. Sanaya, L. Chapman, and T. Ticktin. 1999. Sapo-nins and phenolic content of plant dietary additives of a traditional subsistence community, the Batemi of Ngorongoro District, Tanzania. *Journal of Ethnopharmacology* 66:1–10.
- Johns, T., M. Nagarajan, M. L. Parkipuny, and P. J. H. Jones. 2000. Maasai gummi-vory: Implications for Paleolithic diets and contemporary health. *Current Anthropology* 41:453–459.
- Johns, T. and J. T. Romeo, eds. 1997. *Functionality of Food Phytochemicals*, Recent Advances in Phytochemistry 31. New York: Plenum.
- Johns, T. and B. R. Sthapit. 2004. Biocultural diversity in the sustainability of developing country food systems. *Food and Nutrition Bulletin* 25:143–155.
- Kant, A. K., A. Schatzkin, B. I. Graubard, and C. Schairer. 2000. A prospective study of diet quality and mortality in women. *JAMA* 283:2109–2115.
- Kant, A. K., A. Schatzkin, and R. G. Ziegler. 1995. Dietary diversity and subsequent cause-specific mortality in the NHANES I epidemiologic follow-up study. *Journal of the American College of Nutrition* 14:233–238.
- Kim, S., S. Moon, and B. M. Popkin. 2000. The nutrition transition in South Korea. *American Journal of Clinical Nutrition* 71:44–53.
- Kuhnlein, H. V. and H. M. Chan. 2000. Environment and contaminants in traditional food systems of northern indigenous peoples. *Annual Review of Nutrition* 20:595–626.
- Kuhnlein, H. V. and T. Johns. 2003. Northwest African and Middle Eastern food and dietary change of indigenous peoples. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 12:344–349.
- Kuhnlein, H. V. and O. Receveur. 1996. Dietary change and traditional food systems of indigenous peoples. *Annual Review of Nutrition* 16:417–442.
- Kurilich, A. C. and J. A. Juvik. 1999. Quantification of carotenoid and tocopherol anti-oxidants in *Zea mays*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:1948–1955.
- La Vecchia, C., S. E. Munoz, C. Braga, E. Fernandez, and A. Decarli. 1997. Diet diversity and gastric cancer. *International Journal of Cancer* 72:255–257.
- Lewallen, S. and P. Courtright. 2001. Blindness in Africa: Present situation and future needs. *British Journal of Ophthalmology* 85:897–903.
- Lindhorst, K. 1998. *Antioxidant Activity of Phenolic Fraction of Plant Products Ingested by the Maasai*. MSc thesis, McGill University, Montreal, Canada.
- Marles, R. J. and N. R. Farnsworth. 1995. Antidiabetic plants and their active constituents. *Phytomedicine* 2:137–189.
- Marsh, R. 1998. Building traditional gardening to improve house hold food security. *Food, Nutrition and Agriculture* 22:4–14.
- Maundu, P. M., G. W. Ngugi, and C. H. S. Kabuye. 1999. *Traditional Food Plants of Kenya*. Nairobi: National Museums of Kenya.
- McCune, L. M. and T. Johns. 2002. Antioxidant activity in medicinal plants associated with the symptoms of diabetes mellitus used by the indigenous peoples of the North American boreal forest. *Journal of Ethnopharmacology* 82:197–205.
- McIntosh, M. and C. Miller. 2001. A diet containing food rich in soluble and insoluble fiber improves glycemic control and reduces hyperlipidemia among patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition Reviews* 59:52–55.
- Mennen, L. I., J. C. Mbanya, J. Cade, B. Balkau, S. Sharma, S. Chungong, and J. K. Cruickshank. 2000. The habitual diet in rural and urban Cameroon. *European Journal of Clinical Nutrition* 54:150–154.

- Milner, J. A. 2000. Functional foods: The us perspective. *American Journal of Clinical Nutrition* 71:1654S–1659S.
- Montanari, A., W. Widmer, and S. Nagy. 1997. Health promoting phytochemicals in citrus fruit and juice products. In T. Johns and J. T. Romeo, eds., *Functionality of Food Phytochemicals*, Recent Advances in Phytochemistry 31, 31–52. New York: Plenum.
- Mukhtar, H. and N. Ahmad. 2000. Tea polyphenols: Prevention of cancer and optimizing health. *American Journal of Clinical Nutrition* 71:1698S–1702S.
- Nakatani, N. 1997. Antioxidants from spices and herbs. In F. Shahidi, ed., *Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications*, 64–75. Champaign, IL: AOCS Press.
- Ogle, B. M., N. N. X. Dung, T. T. Do, and L. Hambraeus. 2001a. The contribution of wild vegetables to micronutrient intakes among women: An example from the Mekong Delta, Vietnam. *Ecology of Food and Nutrition* 40:159–184.
- Ogle, B. M., P. H. Hung, and H. T. Tuyet. 2001b. Significance of wild vegetables in micronutrient intakes of women in Vietnam: An analysis of food variety. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 10:21–30.
- O'Neill, M. E., Y. Carroll, B. Corridan, B. Olmedilla, F. Granado, I. Blanco, H. Van den Berg, I. Hininger, A.-M. Rousell, M. Chopra, S. Southon, and D. I. Thurnham. 2001. A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. *British Journal of Nutrition* 85:499–507.
- Onyango, A., K. Koski, and K. Tucker. 1998. Food diversity versus breastfeeding choice in determining anthropometric status in rural Kenyan toddlers. *International Journal of Epidemiology* 27:484–489.
- Owen, P. and T. Johns. 1999. Xanthine oxidase inhibitory activity of northeastern North American plant remedies for gout. *Journal of Ethnopharmacology* 64:149–160.
- Owen, P. and T. Johns. 2002. Antioxidants in medicines and spices as cardioprotective agents in Tibetan highlanders. *Pharmaceutical Biology* 40:346–357.
- Padulosi, S., ed. 1999. *Priority-Setting for Underutilized and Neglected Plant Species of the Mediterranean Region*. Rome: IPGRI.
- Platt, A. E. 1996. *Infecting Ourselves: How Environmental and Social Disruptions Trigger Disease*. Washington, DC: Worldwatch Institute.
- Popkin, B. M. 2002. An overview of the nutrition transition and its health implications: The Bellagio meeting. *Public Health and Nutrition* 5:93–103.
- Popkin, B. M., S. Horton, and S. Kim. 2001a. The nutrition transition and prevention of diet-related diseases in Asia and the Pacific. *Food and Nutrition Bulletin* 22:S1–58.
- Popkin, B. M., S. Horton, S. Kim, A. Mahal, and J. Shuigao. 2001b. Trends in diet, nutritional status, and diet-related non-communicable diseases in China and India: The economic costs of the nutrition transition. *Nutrition Reviews* 59:379–390.
- Quiros, C. F. and R. Aliaga-Cardenas. 1997. Maca. *Lepidium meyenii* Walp. In M. Hermann and J. Heller, eds., *Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon*, 173–197. Rome: IPGRI.
- Rodriguez-Amaya, D. B. 1999. Latin American food sources of carotenoids. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 49:74S–84S.
- Ross, S. 2000. Functional foods: The Food and Drug Administration perspective. *American Journal of Clinical Nutrition* 71:1735S–1738S.
- Simopoulos, A. P. 1994. Fatty acids. In I. Goldberg, ed., *Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*, 355–392. New York: Chapman and Hall.
- Solomons, N. W. and J. Bulux. 1997. Identification and production of local carotene-rich foods to combat vitamin A malnutrition. *European Journal of Clinical Nutrition* 51:S39–S45.
- Sommerburg, O. E., J. E. Keunen, A. C. Bird, and F. J. van Kuijk. 1998. Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin: The macular pigment in human eyes. *British Journal of Ophthalmology* 82:907–910.
- Spielman, A. and A. A. James. 1990. Transmission of vector-borne disease. In K. S. Warren and A. A.

- F. Mahmoud, eds., *Tropical and Geographical Medicine*. New York: McGraw-Hill Information Services Company.
- Sripriya, G., K. Chandrasekharan, V. S. Murty, and T. S. Chandra. 1996. ESR spec-troscopic studies on free radical quenching action of finger millet (*Eleusine cora-cana*). *Food Chemistry* 57:537–540.
- Ssebuliba, J. M., E. N. B. Nsubuga, and J. H. Muyonga. 2001. Potential of orange and yellow fleshed sweetpotato cultivars for improving vitamin A nutrition in central Uganda. *African Crop Science Journal* 9:309–316.
- Standley, L., P. Winterton, J. L. Marnewick, W. C. A. Gelderblom, E. Joubert, and T. J. Britz. 2001. Influence of processing stages on antimutagenic and antioxidant potentials of rooibos tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:114–117.
- Tomkins, A. 2000. Malnutrition, morbidity and mortality in children and their mothers. *Proceedings of the Nutrition Society* 59:135–146.
- Trejo- Gonzalez, A., G. Gabriel- Ortiz, A. M. Puebla- Perez, M. D. Huizar- Contreras, M. del R. Munguia- Mazariegos, S. Mejia- Arreguin, and E. Calva. 1996. A purified extract from prickly pear cactus (*Opuntia fuliginosa*) controls experimentally induced diabetes in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 55:27–33.
- Trichopoulou, A. and E. Vasilopoulou. 2000. Mediterranean diet and longevity. *British Journal of Nutrition* 84:S205–S209.
- Trichopoulou, A., E. Vasilopoulou, P. Hollman, C. Chamalides, E. Foufa, T. Kaloudis, D. Kromhout, P. Miskaki, I. Petrochilou, E. Poulima, K. Stafilakis, and D. Theophilou. 2000. Nutritional composition and flavonoid content of edible wild greens and green peas: A potential rich source of antioxidant nutrients in the Mediterranean diet. *Food Chemistry* 70:319–323.
- Uiso, F. C. and T. Johns. 1996. Consumption patterns and nutritional contribution of *Crotalaria brevidens* in Tarime District, Tanzania. *Ecology of Food and Nutrition* 35:59–69.
- Van t' Riet, H., A. P. den Hartog, A. M. Mwangi, R. K. N. Mwadime, D. W. J. Foeken, and W. A. van Staveren. 2001. The role of street foods in the dietary pattern of two low- income groups in Nairobi. *European Journal of Clinical Nutrition* 55:562–570.
- Visioli, F. and C. Galli. 1998. The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: New findings. *Nutrition Reviews* 56:142–147.
- Wang, M., J. Li, Y. Shao, T. C. Huang, M. T. Huang, C. K. Chin, R. T. Rosen, and C. T. Ho. 1999. Antioxidative and cytotoxic components of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). In F. Shahidi and C. T. Ho, eds., *Phytochemicals and Phytopharmaceuticals*, 271–277. Champaign, IL: AOCS Press.
- West, C. E., F. Pepping, and C. R. Temalilwa. 1988. *The Composition of Foods Commonly Eaten in East Africa*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University.
- WHO. 1946. Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, June 19–22, 1946.
- WHO. 2003. *WHO Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*. Geneva: WHO.

Д. ГОЧАН И М. СМЭЙЛ

Непал является важным центром разнообразия *Oryza sativa* («Азиатский» рис). Азиатский рис, вероятно, был первым видом, который культивировался в географически и культурно разнообразном регионе, раскинувшимся от Непала до Северного Вьетнама (Vaughan и Chang, 1992). Сорта риса фермеров (называемые здесь местными сортами) все еще занимают более 30% общей культивируемой площади в Непале (APSD, 2001). Обычно, они более разнотипны, чем современные сорта, которые выводятся для однородности по росту и отбираются на основе отдельных критериев эффективности, и они часто адаптируются к специфическим местным человеческим потребностям и экологическим нишам (Simmonds, 1979). Примерно 2000 местных сортов риса поддерживается фермерами в различных частях Непала совместно с их дикими и сорными сородичами (Shrestha и Vaughan, 1989; Upadhyay и Gupta, 2000). Эти местные сорта появились в ответ на большие изменения в эдафических (почвенных), топографических и климатических условиях, связанных с осторожным отбором семян фермерами и их методом управления. В некоторых районах, изоляция от рынков способствовала потребности фермеров полагаться на собственные источники семян и урожай, чтобы удовлетворить потребности в пище, что усиливало этот процесс.

On-farm сохранение затрагивает решения фермеров продолжать культивирование и управление местными сортами в агроэкосистемах и сообществах, где они выделились, таких как в Непале. Фермеры выбирают поддержание местных сортов, которые оценивают посадкой семян, отбором семян из урожая или обменом их с другими фермерами и повторной посадкой (см. главу 4). Их выбор также определяет, будут ли и дальше выращиваться генетические ресурсы социального значения для улучшения сельскохозяйственной культуры в условиях *in situ*. Фермеры могут прекратить выращивание местных сортов, если изменения в производстве или торговле приведут к потере их относительной стоимости.

Профессиональные растениеводы также принимают решения, которые влияют на сохранение биологического разнообразия культур в хозяйствах. Растениеводы отбирают и скрещивают материалы, чтобы создать новые сорта. Их выбор придает форму диапазону генетических ресурсов, предоставляемых

фермерам в качестве новых сортов, выпущенных коммерческими системами семян. Селекционеры могут расширить варианты фермеров путем внедрения новых или рекомбинированных генетических материалов, чтобы лучше соответствовать их потребностям или дополнить те, что уже выращиваются. И генетические ресурсы, хранящиеся в условиях *ex situ* и произрастающие в *in situ* важны для процесса улучшения культуры, который образует общественную ценность посредством улучшенной производительности и более низких цен на продукты.

Не все местные сорта могут сохраняться в хозяйствах и не все фермеры могут сохранять их, из-за необходимых затрат, включая непосредственные расходы программы и расходы в отношении упущенных возможностей. Непал является одной из стран с наименьшим уровнем доходов в переводе на валовой национальный продукт (Всемирный Банк, 2003). Проблема, которая стоит перед правительством Непала, заключается в создании стимулов для поддержания биологического разнообразия риса, которое принесет выгоды фермерам сегодня, а также будущему обществу. Хотя будущие потребности не могут быть спрогнозированы с точностью, экспертные оценки селекционеров риса дают разумные предположения, но селекционеры риса, как и фермеры, имеют разные точки зрения.

Эта глава использует детальные данные выборочного опроса из исследования в Непале для определения связи между выборами фермеров и селекционеров для «*in situ*» сохранения биологического разнообразия риса. Некоторые критерии селекционеров для отбора материалов для сохранения в хозяйствах являются продвинутыми. Концептуальный подход, взятый из микроэкономической модели принятия решений фермером, связывает вероятность, что фермеры продолжат выращивать наборы выбора, определенные данными критериями с поясняющими факторами, которые могут подвергаться воздействию государственных инвестиций и стратегий. Затем связь оценивается эконометрически. Если воздействия поясняющих факторов одинаковы вне зависимости от набора выбора, мы можем прийти к заключению, что они нейтральны по отношению критериев выбора. Если они отличаются, усиление перспектив сохранения одного набора выбора может уменьшить перспективы другого, подразумевая политические компромиссы.

Некоторые эмпирические исследования выявили компромиссы в одном типе разнообразия, в сравнении с другим, когда стратегии способствуют изменениям в объясняющей переменной, такой как инвестиции в образование и инфраструктуру (Van Dusen, 2000; Benin и др., 2003; Smale и др., 2003). Этот анализ основывался на показателях, которые не учитывали возможных различий в общественной ценности между сортами. В анализе, представленном

здесь, мы проводим явную связь между предпочтениями селекционеров риса и специалистов по сохранению и предпочтениями фермеров. Выбор селекционеров риса и специалистов по сохранению отражает их взгляды относительно потенциальной ценности для общества местных сортов, все еще выращиваемых фермерами. Выбор фермеров выявляет их предпочтения на фоне многочисленных экономических и физических ограничений, демонстрируя частную ценность сортов. Также представлены ссылки на данные, полученные в ходе исследований, в которых применялись подобные методы для изучения других культур и экономических контекстов.

В следующем разделе описываются участки исследования и методы, используемые для сбора данных. Концептуальный подход и эконометрические методы затем суммируются, после чего проводится презентация описательной статистики и результаты. Заключение приводятся в последнем разделе.

Участки исследования

Данное исследование фокусируется на двух из трех экологических участках (экоучастках) проекта «*In Situ* сохранение сельскохозяйственного биологического разнообразия в хозяйствах» в Непале. Экоучастки включали район водораздела, куда входит группа сообществ или деревень. Критерии, использованные для отбора экоучастков включают значимость генетического разнообразия риса и других культур для сохранения *on-farm*, агроэкологические особенности и инфраструктуру рынка. Экоучасток Каски представляет собой холмистый физиогеографический район страны, со средним уровнем инфраструктуры рынка. Экоучасток Бара находится в тераи (низина) и располагает более развитой инфраструктурой рынка. На обоих экоучастках рис является основной культурой в продовольственной экономике и культивируется в ряде микроэкологических условий; возвышенность, низина и болотистая местность часто находятся на территории одного хозяйства. Фермеры обычно сажают несколько сортов, чтобы соответствовать типам земли, почвы, условиям влажности и последовательности сбора урожая. На уровне экоучастка средний фермер поддерживает в общей сложности от 50 и 23 культиваров риса в экоучастках в холмистой местности и низинах, соответственно (таблица 16.1).

Как и следовало ожидать, наибольшее число местных сортов риса (39) и наибольший процент площади, выделенной под местные сорта (75.2) выявлены в холмистом экоучастке. Хотя современные сорта и местные сорта существуют на обоих экоучастках, почти вся площадь в низинах выделена

Таблица 16.1. Культивирование фермерами разнообразия риса на экоучастках Бара и Каски, Непал.

Модель культивирования на уровне экоучастка	Бара (низина)	Каски (возвышенность)
Общее число культиваров	23	50
Общее число местных сортов	5	39
Общее число современных сортов	18	11
Доля площади под местными сортами (%)	4	72,5
Доля площади под современными сортами (%)	96	27,5

под современные сорта (96%). Средний фермер в экоучастке низины также культивирует большее число современных сортов (18), чем на возвышенности (11). Общее число сортов риса на возвышенности больше чем в два раза превышает количество, выявленное в низинах.

Источник данных

Образцовое исследование риса – рост домашних хозяйств

Образец исследования-опроса и анализ, представленные здесь, основаны на нескольких годах интенсивного подготовительного исследования совместно с фермерами, как часть национального проекта Непала по *in situ* сохранению. Изначально, группа, занимающаяся опросом выявила 1 856 домашних хозяйств на обоих участках. Посредством местных контактов, группа выяснила, что некоторые из домашних хозяйств больше не занимаются сельским хозяйством, некоторые больше не находятся на первоначальном месте, а несколько хозяйств не выращивают рис. Была составлена случайная выборка, представляющая 17.25% активно занимающихся сельским хозяйством, выращивающих рис домашних хозяйств, из которых 159 в Каски и 148 в Баре, общее число в выборке составило 307 домашних хозяйств.

Инструментом опроса служил структурированный вопросник, заполняемый в процессе личных собеседований. Вопросы охватывали общественные, демографические и экономические характеристики фермеров и их домашних хозяйств, физические характеристики их хозяйств, экономические аспекты производства риса и доступ к рынку. Руководитель исследования координировал орос при поддержке опытного местного персонала. Были опрошены, как женщины, так и мужчины, задействованные в производстве риса и решениях по потреблению. Для улучшения качества и универсальности данных, регулярно проводилась экспертная оценка вопросников для проверки

на предмет ошибок измерения, неточностей или недостающей информации. Домашние хозяйства немедленно повторно посещались для получения недостающей информации и по поводу несоответствующих ответов в ходе опроса. Для обеспечения универсальности в единицах измерения и одинаковой терминологии, исследователь и регистраторы редактировали вопросники на участке опроса.

Основной опрос информантов из числа селекционеров риса

Опрос растениеводов и научных сотрудников, задействованных в национальном *in situ* проекте и исследовании селекции риса в Непале был проведен в два этапа. На первом этапе, 16 растениеводов и научных сотрудников, работавших в *in situ* проекте, попросили оценить список сортов, выявленных в ходе опроса хозяйства, согласно их важности для сохранения или будущего использования в растениеводстве. Данный опрос включал разнообразие (выраженное как неоднородная гетерогенная популяция), редкость (включая уникальные или необычные признаки) и приспособляемость (проявление широкой адаптации). На втором этапе опроса, восемь растениеводов попросили классифицировать местные сорта риса на предмет того, соответствуют ли они каждому критерию, на основе своего опыта.

Концептуальный подход

Концептуальный подход основан на теории сельскохозяйственного домашнего хозяйства (Singh и др., 1986), при применении к анализу биологического разнообразия культур Ван Дусена (2000; Van Dusen и Taylor, 2003). Другие связанные модели и применения включают модели Браша и др. (1992), Менга (1997), Смэйла и др. (2001), Бенина и др. (2003) и Бирола (2004).

В данном подходе, представленном в других источниках в математическом выражении, сельскохозяйственное домашнее хозяйство максимально увеличивает полезность посредством ряда потребительских товаров, покупаемых на рынке и досуга. Полезность, которую домашнее хозяйство получает из различных комбинаций и уровней потребления, согласно предпочтениям его членов. Предпочтения, в свою очередь, зависят от различных социальных и демографических характеристик домашнего хозяйства, включая его талантливость человеческого капитала и других активов, представленных вектором Ω_{hh} .

Количества, которые домашнее хозяйство может производить, ограничено производственной технологией, заданной физическими характеристиками хозяйства (Ω_F). Производственная технология комбинирует семена и труд с другимикупаемыми продуктами на посевной площади, культивируемой каждый сезон (A). Выбор комбинаций культуры и сорта и сколько земли выделить на каждый, определяет уровни продукта сельского хозяйства, которое домашнее хозяйство планирует произвести и наоборот. Доли земли для каждой заданной культуры или сорта может варьироваться от нуля (когда не выращивается) до единицы (когда не выращивается другая культура или сорт).

Когда выбор сделан, затраты времени и денег не могут превышать полного дохода. Полный доход в любом сезоне состоит из общего заработка хозяйства (доходов) от продаж сельскохозяйственной продукции и дохода, который является внешним по отношению к сезонному выбору культуры или сорта, такой как запасы, оставшиеся с прошлых времен, денежные переводы, пособия и другие переводы средств с предыдущего сезона (Y_0). Когда рынки плохо функционируют, для культуры или торговли ею это связано со значительными расходами на торговую операцию (Ω_M), решения о производстве и потреблении не могут рассматриваться отдельно и теневая цена культуры управляет принятием решений больше, чем рыночная стоимость. Теневые цены связаны с дифференциальными расходами по переводу на рынки, которые отражают специфичные характеристики домашнего хозяйства (Ω_{HH}). Предыдущая работа в области исследования предполагает, что рынки не заполнились сортами риса и, в особенности, местными сортами (Gauchan и др., 2005).

Модель производной полезности позволяет осуществление статистической интерпретации решения о выборе сорта с использованием выборочных данных. Домашнее хозяйство выбирает для выращивания отдельный местный сорт на доле земли под рисом, если выгода, которую его члены ожидают получить, выше, чем другие доступные альтернативы ($U_i > U_j$ для любого j не равного i). Так как уровни выгоды (U) не могут наблюдаться, выбор наблюдаемый по данным, выявляет альтернативы, которые предоставляют наибольшую выгоду для домашних хозяйств. Варьирование данных выборов систематически объясняется предпочтениями домашних хозяйств и ограничениями с которыми они сталкиваются.

Предпочтения и ограничения зависят от наблюдаемых переменных, связанных с характеристиками домашнего хозяйства, фермы и рынка. Сбор данных из произвольной выборки домашних хозяйств внедряет стохастическую компоненту, предоставляя статистический контекст для прогнозирования вероятности того, что домашнее хозяйство выращивает местный сорт как

функции систематической компоненты ($\beta'X$) и произвольных ошибок (ε):

Вероятность (Выбранный местный сорт i) = Вероятность ($U_i > U_j$)

$$= \beta_0 + \beta_H' \Omega_{HH} + \beta_F' \Omega_F + \beta_M' \Omega_M + \beta_y Y_0 + \beta_a A + \varepsilon. \quad (1)$$

Эконометрические методы

Уравнение 1 является основой эконометрического анализа и проверками гипотезы. Была использована пробит модель для оценки регрессии в LIMDEP (версия 7.0), проверена скрещиванием в STATA. Эконометрические тесты изучают, какие поясняющие факторы, указанные в модели принятия решения, в значительной степени изменяют прогнозируемую вероятность того, что фермерское хозяйство выращивает местные сорта, классифицируемые селекционерами риса, как генетически разные, редкие или легко приспосабливаемые. Тесты производятся посредством указания регрессий с различными зависимыми переменными (критерии выбора) и такими же объясняющими переменными. Сравниваются признаки и значимость коэффициентов регрессии.

Зависимые переменные в регрессиях определяются согласно результатам основного опроса информантов (таблица 16.2).

Объясняющие переменные и гипотетические воздействия продемонстрированы в таблице 16.3, сгруппированные согласно наборам наблюдаемых характеристик, которые представляют концептуальные переменные в уравнении 1.¹ Далее представлено краткое описание данных объясняющих переменных.

Характеристики домашнего хозяйства

Характеристики домашнего хозяйства влияют на выбор среди местных сортов посредством, как предпочтений, так и специфических затрат рыночных сделок. Возраст, образование и пол членов домашнего хозяйства влияют на предпочтения и привычки. Фермеры старшего возраста, вероятно, выращивали ряд местных сортов риса и привыкли к их выращиванию. Более высокий уровень образования может увеличить способности лиц, принимающих решения относительно, как производства, так и потребления (обычно мужчины и женщины, соответственно) для получения информации и опыта, но зачастую связано с предпочтением современных сортов и специализации.

Таблица 16.2. Определение зависимых переменных в пробит регрессионных моделях.

Разнообразие	Неоднородная, гетерогенная популяция	Да =1, иначе=0	Любой местный сорт, удовлетворяющий критерию выбора
Редкость	Уникальные, исключительные признаки	Да =1, иначе=0	Любой местный сорт, удовлетворяющий критерию выбора
Приспособляемость	Широкая приспособляемость	Да =1, иначе=0	Любой местный сорт, удовлетворяющий критерию выбора

Более активный труд совершеннолетних лиц позволяет домашним хозяйствам участвовать в культивировании более широкого ряда сортов риса с различающимися требованиями управления. Пропорция активно работающих женщин может положительно относиться к выращиванию отдельных местных сортов, которые имеют уникальные свойства потребления. Ранее исследование группой проекта выявило более высокую роль женщин в поддержании и культивировании семян риса (Subedi и др., 2000).

Ожидается, что домашние хозяйства, владеющие большим количеством и ценностью упряжных (волы) и дойных (буйвол, коровы) животных, будут выращивать более разнообразные сорта, потому что у них есть улучшенный доступ к производственным ресурсам и информации, больше потенциала для экспериментирования и большой спрос на фураж. Владение волами (тяговая сила) также позволяет своевременно подготовить землю, вымолотить и перевезти производственные ресурсы и сжатые продукты. С одной стороны, внешний денежный доход увеличивает потенциал фермеров по найму труда и покупке производственных ресурсов, чтобы участвовать в более широком диапазоне видов деятельности. С другой стороны, это может подразумевать, что члены домашнего хозяйства вовлечены в нефермерскую деятельность и уделяют меньше времени специфическим сортам риса. Фермеры, производящие рис сверх ожидаемого потребления, вероятно, будут лучше поддерживать местные сорта, или это могут быть те люди, специализирующиеся в производстве современных сортов для рынка.

Физические характеристики фермы

В данной фермерской системе интенсивного труда, характеризуемой очень небольшими размерами фермы, фрагментация участков и гетерогенность типов земли являются критическими аспектами сельскохозяйственной технологии. Чем больше отличаются типы земель, на которых фермеры культивируют рис, и чем больше они рассредоточены, тем больше вероятность, что они

Таблица 16.3. Определения объясняющих переменных и гипотетических воздействий разнообразия.

Название переменной	Определение переменной	Гипотетическое воздействие
Характеристика домашнего хозяйства		
AGEPDM	Возраст лица, принимающего решение о производстве (лет)	(+)
EDUPDM	Образование лица, принимающего решение о производстве (лет)	(+, -)
EDUCDM	Образование лица, принимающего решение о потреблении (лет)	(+, -)
AAGLABR	Активные совершеннолетние лица, работающие на ферме (кол-во)	(+)
FAADTPCT	Процент женщин среди активно работающих совершеннолетних лиц	(+)
LANIMLV	Ценность (в непальских рупиях) крупных животных (волы, дойные животные)	(+)
TOTEXP	Средние месячные расходы домашнего хозяйства (в непальских рупиях) с последнего урожая, предшествующего текущему сезону (внешний доход)	(+, -)
SBRATIO	Отношение среднего количества риса в килограммах за 5 лет к количеству потребляемого риса в килограммах	(+, -)
Физическая характеристика фермы		
IRPCNT	Процент орошаемой площади под рисом	(+, -)
LNDTYP5	Количество типов земли под рисом	(+)
RDPLCULH	Общая дистанция пешком (в минутах) от дома до делянки под рисом, разделенная на культивируемые гектары	(+)
Характеристика рынка		
TMKTDS	Общая дистанция пешком от дома и фермерских делянок до местного рынка (в минутах)	(+)
LR SOLD	Количество зерна местного сорта, проданное домашним хозяйством в предыдущем сезоне (кг)	(+)
MVSOLD	Количество зерна современного сорта, проданное домашним хозяйством в предыдущем сезоне (кг)	(-)

выращивают местные сорта, чтобы соответствовать определенным сезонным или физическим нишам. Ирригация улучшает доступность влаги и может иметь либо отрицательные либо положительные воздействия на вероятность того, что они выращивают специфические местные сорта. Улучшенный доступ к воде может увеличить специализацию нескольких сортов, делая производственный процесс более унифицированным; он также может способствовать культивированию более широкого ряда сортов с различными потребностями во влаге и периодах созревания.

Характеристики рынка

Переменные рынка влияют на разнообразие посредством степени, до которой домашние хозяйства торгуют своим урожаем риса и покупают производственные ресурсы, продукты питания и другие потребности домашнего хозяйства на рынке. Расстояние до рынка от фермы является основным компонентом стоимости вовлечения в торговые операции. Чем дальше находится домашнее хозяйство от местного рыночного центра, тем больше вероятность, что оно будет полагаться на свое собственное производство, чтобы соответствовать своим потребительским запросам. Потребительские запросы могут включать ряд продуктов питания и фураж. Прошлые продажи зерна местных сортов, как ожидается, положительно скажутся на стимулах для их культивирования. Прошлые продажи от производства современных сортов могут иметь отношение к специализации в более ограниченном числе, унифицированных современных сортов.²

Результаты исследования

Описательная статистика

Домашние хозяйства в более изолированной холмистой местности (экоучасток Каски), намного более вероятно, чем хозяйства на равнинах (экоучасток Бара), выращивают местные сорта, определенные селекционерами риса, как потенциально ценные для их разнообразия, редкости или качеств приспособляемости (таблица 16.4).

Демографическая структура домашних хозяйств, выращивающих рис, одинакова на двух экоучастках, в отношении возраста и образования лица, принимающего решение о производстве, работающих совершеннолетних лиц, количества и пропорции женщин и мужчин, которые активно вовлечены в

сельскохозяйственную деятельность. Однако, на экоучастке Бара, женщины, принимающие решения в значительной степени менее образованы. Хотя средний уровень доходов схож, ценность крупного рогатого скота ниже в равнинах. Домашние хозяйства там продают намного больше зерна современных сортов и, предположительно, больше их выращивают. В среднем, они лучше удовлетворяют свои потребительские запросы посредством своего собственного производства, чем хозяйства расположенные в холмистой местности. Различия в продажах зерна местных сортов незначительны, вероятно, из-за того, что только один фермер на экоучастке Бара сообщил о крупном объеме продаж. Физические характеристики фермерских хозяйств на двух экоучастках схожи в плане количества типов земли под рисом и доли орошаемой земли, но делянки риса менее широко рассредоточены и домашние хозяйства ближе к рынкам на равнинах.

Эконометрические результаты

Факторы, которые прогнозируют совпадение частных и общественных ценностей представлены в таблице 16.5, согласно каждому критерию выбора (разнообразия, редкость и приспособляемость). Это факторы в значительной степени влияют на вероятность того, что фермеры будут выращивать местные сорта, определенные селекционерами риса, в качестве важных сортов.

Среди характеристик домашних хозяйств, образование, структура труда и активы крупного рогатого скота являются статистически значимыми прогнозирующими параметрами того, что домашние хозяйства будут выращивать местные сорта, которые считаются важными для будущего улучшения культуры.

Кадровые ресурсы представляются критически важными. Чем более образован человек, принимающий решения по потреблению риса (обычно женщина), тем выше вероятность, что домашнее хозяйство выращивает генетически гетерогенный местный сорт. Больше труда совершеннолетних лиц, задействованных в сельском хозяйстве, имеет значительное воздействие на вероятность того, что выращиваются адаптивные местные сорта, также в значительной степени способствуют культивированию генетически различных местных сортов. Более высокая доля женщин среди активных совершеннолетних лиц в домашнем хозяйстве означает, что, вероятно, выращивается редкий местный сорт. Чем больше домашнее хозяйство обеспечено домашним скотом (буйвол, крупный рогатый скот и волы), тем выше вероятность, что домашнее хозяйство выращивает местные сорта, также отобранные селекционерами риса

Таблица 16.4. Обобщенная статистика зависимых и объясняющих переменных, экоучастки Бара и Каски.

Переменная	Экоучасток		
	Бара (N=148)	Каски (N=159)	Общее (N=307)
Зависимые переменные			
Процент домашних хозяйств, выращивающих разнообразные местные сорта (+)	2	50,9	27,4
Процент домашних хозяйств, выращивающих редкие местные сорта (+)	2,7	20,8	12,1
Процент домашних хозяйств, выращивающих легко приспосабливающиеся местные сорта (+)	0,7	74,8	39,1
Объясняющие переменные			
AGEPDM	48,27	46,20	47,20
EDUPDM	3,0	3,95	3,52
EDUCDM	0,48**	1,99	1,26
AAGLABR	2,52	2,51	2,52
FAADTPCT	0,27	0,28	0,28
LANIMLV	10,270**	18,490	14,527
TOTEXP	2,483	2,581	2,533
SBRATIO	1,40**	0,76	1,07
IRPCNT	0,42	0,39	0,407
LNDTYP	1,54	1,49	1,517
RDPLCULH	120*	146	134,58
TMKTDS	163**	340	255,14
LR SOLD	16,89	43,68	30,76
MVSOLD	971**	38	487,8

Примечание: Парные t тесты демонстрируют значительное различие средств в ** $p < .01$ и * $p < .05$ между экоучастками Каски и Бара с двусторонним критерием, допускаемой одинаковой дисперсией. (+) χ^2 тесты демонстрируют значительное различие ($p < .05$) между экоучастками Бара и Каски. См. таблицу 16.3 для ознакомления с определениями объясняющих переменных.

в качестве разнообразных или адаптивных. Внешний доход не представляет явной значимости, потому что выращивание местных сортов не стоит денег. Количество типов земли под рисом (различные ниши сельскохозяйственного производства) увеличивает вероятность, что выращивается редкий местный сорт, и рассеянность делянок риса, по отношению к общей культивируемой площади, положительно способствует выращиванию адаптивных местных сортов. Расположение на участке в холмистой местности и изоляция от рынков

Таблица 16.5. Факторы, прогнозирующие, что фермеры будут выращивать местные сорта, которые селекционеры определяют как потенциально ценные на двух экоучастках в Непале, согласно критерию выбора

Объясняющие переменные	Критерий выбор селекционеров риса		
	Разнообразие	Редкость	Приспособляемость
Константа	-0,6221***	-0,4289***	-2,6499***
Участок	0,2792***	0,1074***	1,0596***
AGEPDM	-0,000029	-0,00058	0,000387
EDUPDM	-0,0101	0,00212	0,00931
EDUCDM	0,0218**	-0,00483	-0,00679
AAGLABR	0,04315**	0,01702	0,14948***
FAADTPCT	-0,03892	0,13687*	-0,05048
LANIMLV	0,000005*	-0,0000019	-0,000002
TOTEXP	-0,000023	-0,000018	0,0000003
SBRATIO	-0,09510	-0,02833	0,05185
IRPCNT	0,080216	0,005799	0,1390
LNDTYP5	-0,05990	0,06588***	0,03843
RDPLCULH	0,000029	0,000056	0,001112**
TMKTDS	0,00040**	0,000137**	0,000665*
LRSOLD	0,00021	0,000111*	-0,000094
MVSOLD	-0,00004	-0,000005	-0,000005
Функция логарифмического правдоподобия	-93,79	-75,50	-54,65
Ложный коэффициент детерминации	0,478	0,734	0,332

Примечание: N= 307. Регрессионная модель, используемая во всех случаях является пробит моделью. Односторонние критерии Z значительны в *** $p < ,01$, ** $p < ,05$ и * $p < ,1$. См. Таблицу 16.3 для ознакомления с определениями переменных. Статистика Z соответствует оценке максимальной вероятности. Значения, представленные в таблице, являются предельными эффектами, которые вычислены как средства объясняющих переменных.

связаны с более высокими вероятностями выращивания *любого* местного сорта, который определяется, как потенциально ценный для будущего улучшения культуры селекционерами риса.

Для статистически значительных прогнозирующих параметров, которые являются общими среди подмножества местных сортов, направление воздействия является одинаковым, хотя величина воздействия отличается

(расположение эоучастка, доля активных совершеннолетних, вовлеченных в сельскохозяйственное производство, общее расстояние пешком до рынка). Три фактора, связанные со стратегией, имеют не нейтральные воздействия. Так, статистическая значимость их воздействия зависит от критерия выбора селекционеров: разнообразие, редкость и приспособляемость. Во-первых, образование женщин и их вовлечение в сельскохозяйственное производство прогнозируют только то, что домашнее хозяйство будет выращивать редкие или разнообразные местные сорта, и величина воздействия отличается в зависимости от критерия выбора. Во-вторых, прошлые продажи зерна местных сортов являются одним фактором, связанным со стратегией, который в значительной степени связан с выращиванием редких местных сортов, но не разнообразных или адаптивных. Этот результат исследования предполагает, что специализированные рынки, могут предоставить стимулы фермерам для продолжения культивирования редких местных сортов. В-третьих, рассеянность фермерских участков, нормализованная сельскохозяйственными площадями, является прогнозирующим фактором того, что домашнее хозяйство будет выращивать адаптивные местные сорта. Опыт владения и использования земли являются факторами, которые подчеркивают пространственное распределение участков.

Результаты связанных исследований

Результаты связанных исследований представлены в таблице 16.6, согласно концептуальным совокупностям переменных, использованных в данной главе, гипотетически объясняющие изменчивость в уровнях разнообразия культур, поддерживаемого сельскохозяйственными домашними хозяйствами или вероятность, что они будут продолжать выращивать местные сорта. В каждом конкретном случае, теоретической основой является модель сельскохозяйственного домашнего хозяйства, применяемая эконометрически к данным, собранным в ходе исследований домашнего хозяйства и участков. Страны и культуры, включают ряд уровней дохода и культур: картофель в Перу (Brush и др., 1992), пшеница в Турции (Meng, 1997), кукуруза, бобы и тыква в Мексике (Van Dusen, 2000; Smale и др., 2001), зерновые культуры в Эфиопии (Benin и др., 2003) и домашние сады в Венгрии (Birol, 2004). Признаки в таблице обозначают статистически важное направление воздействия, ноль обозначает коэффициент регрессии, который статистически не значим.

Несмотря на применение связанных подходов обобщение не просто. Одной причиной является то, что в каждой эмпирической установке,

Таблица 16.6 Сравнение результатов связанных исследований относительно генетического разнообразия или видового разнообразия культур

Направление воздействия прогнозируемых в исследованиях конкретных случаев									
Факторы, на которые оказало воздействие экономическое изменение и государственная стратегия	Перу: Разнообразие местных сортов картофеля	Турция: Разнообразие местных сортов пшеницы	Мексика: Система кукурузных плантаций, общее разнообразие культур и сортов	Мексика: Разнообразие местных сортов кукурузы	Эфиопия: Разнообразие зерновых культур	Эфиопия: Разнообразие зерновых культур	Венгрия: Домашние сады, разнообразные виды культур	Венгрия: Домашние сады, местные сорта	
Характеристики домашнего хозяйства	0	0	+		0	+, 0, -	0	+	
Возраст главы хозяйства									
Образование		0	+		0	+, 0			
Кадровые ресурсы фермы		-	0		+	+, 0	0	+, 0	
Образование и участие женщин					0	+, 0			
Доходы фермеров от несельскохозяйственной деятельности, миграция	-	-	-	0					
Характеристики активов фермы	-, +, 0	-		0	+	-, 0	+, 0	-, 0	
Фрагментация	+	-	0		+	-, 0			
Высота над уровнем моря		+	+						
Гетерогенность почвы, многочисленные склоны		0	+	+	0	+, 0, -			
Потенциал продуктивности, качество почвы			0		-	+, 0, -	+, 0	-, 0	
Инфраструктура рынка	-, 0	+	-		0	+, 0, -	-, 0	0	
Выращиваемые современные сорта	-, 0	н/о	н/о	н/о	н/о	0			

Источники: Brush и др. (1992), Meng (2000), Van Dusen (2000), Smale и др. (2001), Benin и др. (2003), Bitol (2004).

Примечание: «0» означает, что воздействие статистически незначительное, пустые клетки означают, что переменная не была включена в регрессию. н/о= не имеет отношения

хотя концептуальные переменные одинаковы, измерение зависимых и объясняющих переменных посредством инструментов исследования должны быть адаптированы к контексту исследования. В Перу, уравнения были оценены для прогнозирования принятия современных сортов и воздействия современных сортов на ряд выращиваемых местных сортов; в Турции, уравнения были оценены для прогнозирования, какие местные сорта пшеницы выращивались, и разнообразие местных сортов пшеницы было объяснено условно по решению выращивать их. В ходе одного исследования в Мексике, была объяснена общая насыщенность сортов кукурузы, бобов и тыквы в системе мильпа (*milpa system*); в другом, было исследовано распределение доли площади среди местных сортов кукурузы. Исследование в Эфиопии рассмотрело насыщенность и равномерность зерновых культур и других сортов. В венгерской переходной экономике высоких прибылей, изучались несколько компонентов сельскохозяйственного биологического разнообразия, включая видовую насыщенность сельскохозяйственных культур и насыщенность местных сортов в домашних садах.

Так же, как и в случае с рисом в Непале, возраст лица, принимающего решения не оказывает значительного воздействия в странах с низким уровнем доходов – Перу и Эфиопии. В странах со средним и высоким уровнем доходов, Мексике и Венгрии, пожилые фермеры, более вероятно, выращивают местные сорта. В Непале и Эфиопии, где измерялись переменные, связанные с полом, образованием женщин и их вовлечение в сельскохозяйственную деятельность положительно влияет на уровни генетического разнообразия культур в домашних хозяйствах. Во всех странах, уровень дохода, коэффициенты трудовых ресурсов на ферме и доходы от несельскохозяйственной деятельности или мигрирующий доход указывает, что с появлением альтернативной занятости, разнообразие культур и генетическое разнообразие на уровне домашнего хозяйства сокращаются. Прогнозируемое воздействие благосостояния неопределенно; в некоторых случаях, фермеры, которые более богаты землей, домашним скотом и трудовыми ресурсами, в большей степени способны поддерживать разнообразие.

Хотя результаты смешаны из-за агроэкологических факторов, фрагментация земли на фермах, гетерогенность почвы, высота над уровнем моря и сельскохозяйственная деятельность на склонах связаны с большим разнообразием культур и сортов. Чаще всего, чем более развита инфраструктура местного рынка, тем ниже уровни разнообразия в домашнем хозяйстве. Однако, в холмистой местности в Эфиопии, близость рынков семян или продуктов позволяет внедрение культур и сортов, которые дополняют поддерживаемые фермерами. В Турции, местные рынки поощряют культивирование различных

местных сортов пшеницы; в Непале, продажи местных сортов положительно связаны с вероятностью того, что фермеры выращивают редкие местные сорта.

Заключение

Фермеры определяют выживание сортов культур или поддержание специфических генных комплексов в любой заданной условной площади, выбирая выращивать ли их и в каких пропорциях. Выбор, которые они сделают сегодня, влияет не только на их благосостояние, но также на благосостояние будущего общества. Учитывая сокращающиеся популяции растений, некоторые потенциально ценные комбинации аллелей и генов могут быть утеряны. Фермеры выбирают, какие сорта культуры выращивать, согласно их частной оценке, и она различается в низкотоварном сельском хозяйстве, согласно их характеристикам и рыночным условиям, а также физическим особенностям их ферм.

Растениеводы используют критерии принятия решений при выборе материалов для селекции или сохранения, и это отличает их от фермеров и среди селекционеров. К примеру, они могут определить сорта, генетически разнообразные, имеющие редкие признаки, или, демонстрирующие широкую приспособляемость, как потенциально важные для селекционных программ и, таким образом, для сохранения генетических ресурсов. Это наибольшие предположения относительно общественной ценности местных сортов.

Представленный здесь анализ фокусировался на стратегических компромиссах, связанных с выбором критериев для сохранения. Повышение вероятности, что фермеры будут поддерживать сорта, являющиеся членами одного набора выборов, может сократить перспективы того, что сорта в других наборах будут и далее выращиваться. В таком случае, стратегии, созданные для достижения одной цели, могут иметь серьезные последствия для другой. Наши результаты демонстрируют, что таких конфликтов не происходит. Однако, они предполагают, что программы или стратегии, созданные для поддержки непрерывного культивирования редких местных сортов, отличаются от тех, что необходимы для разнообразных или адаптивных местных сортов. В частности, инвестиция в вовлечение женщин в производство риса и развитие нишевого рынка может увеличить вероятность, что домашние хозяйства выращивают редкие местные сорта.

Результаты регрессии и сводка статистик, указывают, как участки и домашние хозяйства могут быть направлены на местное сохранение биологического

разнообразия риса. Несомненно, любое хозяйство, выращивающее рис в холмистом экоучастке (Каски), более вероятно, выращивает генетически разнообразные, редкие и адаптивные местные сорта. Домашние хозяйства, выращивающие рис в низине (экоучасток Бара), выращивают и продают больше современных сортов риса. Они лучше соответствуют потребительскому спросу посредством их собственного производства, хотя женщины, принимающие решения, менее образованы, домашние хозяйства в данной местности имеют меньше имущества и они не получают большего внешнего дохода.

Не все домашние хозяйства в Каски и не все местные сорта в Каски являются одинаково перспективными кандидатами на сохранение. Домашние хозяйства с более активными совершеннолетними лицами, задействованными в сельскохозяйственной деятельности, вероятно, более способны поддерживать местные сорта общественного значения, так что увеличивающиеся возможности для работы вне фермы могут оказывать отрицательное воздействие на перспективы сохранения. Домашние хозяйства, поддерживающие общественно ценные местные сорта, имеют более разнотипные фермы и сильнее изолированы от рынков. Тот факт, что фермеры больше выращивают редкие местные сорта, а также продают зерно на местном рынке, наводит на предположение, что развитие специализированных, контролируемых рынков может предоставить стимул для поддержания таких материалов, хотя осуществимость и затраты на реализацию такой программы неизвестны. В конце концов, таргетинг может включать другие компромиссы в плане соображений справедливости. Фермеры, выращивающие общественно ценные местные сорта, также богаче в плане домашнего скота, имеют более высокие ожидаемые показатели производства и потребительского спроса, и, по крайней мере, настолько же состоятельны в плане денежного дохода. Хотя большинство фермеров в холмистой местности Непала, считаются бедными согласно мировым стандартам, таргетинг на местности и домашних хозяйствах, которые, вероятно, поддерживают ценные местные сорта, не равняется таргетингу на малоимущих.

Сравнение результаты связанных экономических исследований, которые были завершены или проводятся, подчеркивает специфику расположения прогнозируемых воздействий многих факторов, в частности, связанных с трудовыми ресурсами и характеристиками благосостояния домашних хозяйств. Хотя гипотезы относительно инфраструктуры рынка и гетерогенности окружающей среды достаточно надежны, требуется значительно более усовершенствованное понимание рынков и систем семян, как средства управления, поддерживающего разнообразие культур. По крайней мере, одно методологическое пояснение также должно учитываться при интерпретации

результатов исследований конкретных случаев, подобных этим. Хотя мы могли бы поспорить, что агроэкологические соображения, в некоторых случаях взаимодействующие с развитием инфраструктуры рынка, вероятно, будут поддерживать постоянство различий в управлении разнообразием риса между холмистой местностью и равниной, степень, до которой перекрестное варьирование может заменяться временным варьированием, ограничена. Данные продольного анализа или данные, которые позволяют проведение периодического мониторинга как результатов разнообразия, так и лежащих в основе процессов, приведут к более сильным заключениям и необходимы для создания соответствующих стимулов для сохранения в важных центрах разнообразия.

Выражение признательности

Данная глава основана на исследовании, проведенном как часть Проекта «*In Situ* сохранение сельскохозяйственного биологического разнообразия в хозяйствах» в Непале. Мы благодарны старшим научным сотрудникам Т.Ходчкину, Д.Джарвис, П.Эйзагирре и Б.Стапиту (Международный институт генетических ресурсов растений) за их понимание и за вклад Е.Ван Дусена, Университет Калифорнии, Беркли. Данное исследование проводилось при поддержке Международного исследовательского центра по проблемам развития в Канаде, Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству, Главного управления Нидерландов по международному сотрудничеству, а также Европейского союза. Авторы также благодарны членам группы проекта *In Situ*, в Непале, в частности, полевые группы на экоучастках Бара и Каски за их поддержку в полевом исследовании.

Примечания

1. Так как общее расстояние фермерской делянки было слишком тесно взаимосвязано с культивируемой площадью, две переменные были объединены в одну, чтобы охватить эффект рассеянных делянок, контролируя общее количество культивируемых гектаров.

2. Прошлые, а не текущие продажи используются для гарантирования того, что независимые переменные, используемые для пояснения выборов сорта риса, также не являются переменным выбором. Объемы продаж были представлены, как переменная, принимающая значения нуль или единица, потому что они выражают большую вариацию.

Литература

- APSD (Agri- Business Promotion and Statistics Division). 2001. *Statistical Information on Nepalese Agriculture*. Nepal: Ministry of Agriculture, HMG.
- Benin, S. B., M. Gebremedhin, M. Smale, J. Pender, and S. Ehui. 2003. Determinants of cereal diversity in communities and on house hold farms of the northern Ethiopian highlands. *Agriculture and Development Economics Division (ESA) Working Paper* 03- 14. Rome: FAO. Available at www.fao.org/es/ESA/wp/ESAWP03_14.pdf.
- Birol, E. 2004. *Agri-environmental Policies in a Transitional Economy: Conservation of Agricultural Biodiversity in Hungarian Home Gardens*. PhD thesis, University College London, University of London.
- Brush, S. B., J. E. Taylor, and M. R. Bellon. 1992. Biological diversity and technology adoption in Andean potato agriculture. *Journal of Development Economics* 39:365–387.
- Gauchan, D., M. Smale, and P. Chaudhary. 2005. Market-based incentives for conserving diversity on farms: The case of rice landraces in central Tarai, Nepal. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52:293–303.
- Meng, E. 1997. *Land Allocation Decisions and In Situ Conservation of Crop Genetic Resources: The Case of Wheat Landraces in Turkey*. PhD dissertation, University of California, Davis.
- Shrestha, G. L. and D. A. Vaughan. 1989. *Wild Rice in Nepal*. Paper presented at the Third Summer Crop Working Group Meeting, National Maize Research Program, Rampur, Chitwan, National Agricultural Research Centre, Nepal.
- Simmonds, N. 1979. *Principles of Crop Improvement*. Harlow, UK: Longman.
- Singh, I., L. Squire, and J. Strauss, eds. 1986. *Agricultural House hold Models: Extensions, Applications, and Policy*. Washington, DC and Baltimore: The World Bank and Johns Hopkins University Press.
- Smale, M., M. Bellon, and A. Aguirre. 2001. Maize diversity, variety attributes, and farmers' choices in southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Development and Cultural Change* 50(1):201–225.
- Smale, M., E. Meng, J. P. Brennan, and R. Hu. 2003. Determinants of spatial diversity in modern wheat: Examples from Australia and China. *Agricultural Economics* 28(1):13–26.
- Subedi, A., D. Gauchan, R. B. Rana, S. N. Vaidya, P. R. Tiwari, and P. Chaudhary. 2000. Gender: Methods for increased access and decision making in Nepal. In D. Jarvis, B. Sthapit, and L. Sears, eds., *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*, 78–84. Rome: IPGRI.
- Upadhyay, M. P. and S. R. Gupta. 2000. The wild relatives of rice in Nepal. In P. K. Jha, S. B. Karmacharya, S. R. Baral, and P. Lacoul, eds., *Environment and Agriculture: At the Crossroad of the New Millennium*, 182–195. Kathmandu, Nepal: Kathmandu Ecological Society.
- Van Dusen, E. 2000. *In Situ Conservation of Crop Genetic Resources in Mexican Milpa Systems*. PhD thesis, University of California, Davis.
- Van Dusen, E. and J. E. Taylor. 2003. *Missing Markets and Crop Genetic Resources: Evidence from Mexico*. Berkeley: University of California.
- Vaughan, D. and T. T. C ha ng. 1992. In situ conservation of rice genetic resources. *Economic Botany* 46:369–383.
- World Bank. 2003. *World Development Indicators 2003*. Washington, DC: The World Bank.

А.Г. ДРУКЕР

Домашний скот удовлетворяет около 30% всех человеческих потребностей в пище и сельском хозяйстве (ФАО, 1999) и около 70% маломужских в мире зависят от домашнего скота, как компонента их средств существования (Домашний скот в развитии, 1999). Таким образом, разнообразие генетических ресурсов животных (ГРЖ) во многом способствует человеческому выживанию и благосостоянию, с различными характеристиками животных, и, следовательно, результаты адаптируются для соответствия разнообразию потребностей местного сообщества.

Однако, предположительно 16% этих уникально адаптированных пород, выведенных за тысячи лет одомашнивания в широком диапазоне сред, были потеряны с начала 19 века (Holl и Ruane, 1993). Еще 32% (22% млекопитающих и 48% птичьих видов) находятся под угрозой вымирания, и скорость вымирания, в настоящее время – две породы в неделю, продолжает увеличиваться (ФАО, 2000). Небольшой генофонд домашних ГРЖ (6000-7000 пород 40 видов) означает, что эта потеря является значительной проблемой. Такая необратимая потеря генетического разнообразия сокращает возможности улучшения продовольственной безопасности, сокращения бедности и перехода к устойчивой сельскохозяйственной практике.

Большое количество ГРЖ находятся под угрозой в развивающихся странах, что, наряду с ограниченными финансовыми ресурсами на сохранение, означает, что экономический анализ может играть важную роль в обеспечении соответствующего фокуса усилий по сохранению (ЮНЕП, 1995). Тем не менее, несмотря на важность экономики сохранения и устойчивого использования ГРЖ, данному вопросу только недавно стали уделять внимание. Данные исследования выявляют, что для оценки предпочтений фермера в отношении пород и признаков нельзя использовать ряд методов, но они могут быть использованы в создании стратегий, которые борются с маргинализацией местных пород. В частности, становится возможным признать важность, которую собственники домашнего скота придают адаптивным признакам и функциям, не приносящим доход, а также необходимость рассмотрения при проектировании программы селекции; определения пород, являющихся приоритетными для участия в рентабельном разнообразии – извлекая максимальную пользу и программ

сохранения; и сравнения затрат со значительными выгодами, которые люди, не выращивающие скот, приписывают сохранению пород.

Данная глава кратко рассматривает теоретическую основу, потенциальные методы, потребности в данных и трудности, связанные с проведением подобных исследования, до анализа результатов ряда экономических исследований ГРЖ, проведенных недавно в Африке, Латинской Америке и Европе.

Экономика сохранения и устойчивого использования ГРЖ

Какой вклад может сделать экономика?

Экономические аргументы для сохранения и устойчивого использования ГРЖ могут быть эффективными средствами получения необходимой общественной и политической поддержки, включая разработку соответствующих стратегий. В этой связи, важные задачи включают определение экономического вклада ГРЖ в отношении различных обществ и специфических групп в рамках данных обществ, поддержку оценки приоритетов посредством определения рентабельных мер, которые могут быть использованы для сохранения внутреннего разнообразия животных, а также содействие в создании экономических стимулов и организационных мероприятий для поощрения сохранения индивидуальными владельцами домашнего скота или сообществами.

Аналитическая основа

Эрозия ГРЖ может быть понятна в плане конверсии¹ существующего реестра домашних животных с выборкой из небольшого диапазона специализированных «улучшенных» пород, которые, как считается, лучше способствуют человеческому благосостоянию. В то же время, экономическая теория продемонстрировала, что функционирующие рынки могут быть мощным союзником при эффективном распределении ресурсов, отражая нехватку данного ресурса, посредством ценового механизма, и, таким образом, предоставляя правильные стимулы для использования и замены ресурсов.

Рассмотрение потери ГРЖ в этом плане, привело Мендельсона (2003) к утверждению, что основной проблемой, стоящей перед сохранением ГРЖ является определение разумных причин, по которым общество должно сохранять животных, от которых отказались фермеры. Учитывая, что рынок будет сохранять ценные породы домашнего скота, специалисты по сохранению

должны фокусироваться на том, чего рынок не будет делать. Сюда входит определение и измерение потенциальных рыночных выгод ГРЖ, от которых отказался рынок. Так, во-первых, специалисты по сохранению должны создать основания для объяснения того, почему общество должно оплачивать охрану предположительно неприбыльных ГРЖ, и затем должно разработать программы сохранения, которые будут эффективно охранять то, чем дорожит общество.

Тисдел (2003) также признает важность влияния рынка на ГРЖ, отмечая влияние животноводческих технологий развитой страны (например, искусственное осеменение, индустриализированное интенсивное животноводство) на популяции домашнего скота в развивающихся странах, наряду с тем фактом, что расширение рынков и экономическая глобализация предположительно может ускорить процесс потери пород. Такой результат может иметь место посредством региональной специализации, сокращенных затрат на международные трансферты пород, эффекта доминирования Свонсона (т.е. породы, используемые в развитых странах стремятся заместить породы в развивающихся странах), специализации по сравнительному преимуществу, ведущей к сокращению спроса на многоцелевые породы, изменяющей вкусы и спрос потребителей, изменений в доступности и цене импортного фуража и увеличенного масштаба контролирования сред, в которых выращивается домашний скот (Tisdell, 2003:367-368). Тисдел (2003:371) приводит пример Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО, без указания даты:45) в Нигерии, чтобы продемонстрировать то, как открытие межрегиональной торговли и повышение цен на лесные культуры привели фермеров к отказу от местного домашнего скота. ФАО отмечает, что несмотря на «это наиболее рациональная среднесрочная стратегия с их [фермеров] стороны, это неосмотрительно со стороны национального правительства терять генетические ресурсы, которые представляют данный домашний скот, вследствие непостоянного характера мировой торговли».

Способность таких «свободных» рыночных сил предоставлять общественно желаемые результаты далее рассматривается Пирсом и Мораном (1994), которые утверждают, что активность сохранения биологического разнообразия (и генетического ресурса) приводит к экономическим ценностям (использование и неиспользование), которые не могут быть охвачены рынком, вследствие неудач рынка, интервенции или глобального ассигнования. Результатом таких неудач является расхождение, в котором стимулы направлены против сохранения генетических ресурсов и действуют в пользу экономической деятельности, которая уничтожает такие ресурсы. Смэйл (2005) недавно составил материал по методам и эмпирическим исследованиям экономической оценки генетических

ресурсов культур в хозяйстве и рассмотрел эти вопросы.

Например, экономическая рациональность предполагает, что решения, такие как замена местной породы домашнего скота импортной породой, будут определяться сравнительными коэффициентами отдачи двух вариантов. Однако, соответствующими коэффициентами отдачи являются те, которые получает фермер, а не государство или мир в целом. Для собственника домашнего скота, потеря местной породы представляется экономически рациональной, потому что отдача выше, чем от деятельности, связанной с сохранением генетических ресурсов. Ситуация такова, потому что последняя может состоять из нерыночных выгод, которые получают не фермеры, и, потому что субсидируемые производственные ресурсы и услуги (например, искусственное осеменение, ветеринарное лечение) могут быть доступны для импортной породы.

Свонсон (1997) отмечает, что такие нерыночные ценности, вероятно, важны, потому что разнообразие распределено неравномерно среди национальных государств, предполагая, что глобальные внешние выгоды, скорее всего, действительно являются значительными. Таким образом, проблема биологического разнообразия может пониматься, как ряд трудностей, которые происходят от того, что процесс перехода традиционно регулировался на мировой децентрализованной основе. Исторически, государства и частные лица были способны принимать собственные решения о переходе, в отношении своих земель и ресурсов, не придавая значения последствиям для других. Это создает важную регулятивную проблему, потому что стоимость – в плане ценности потерянных услуг – каждого успешного перехода не одинакова. При развитии процесса перехода, стоимость каждого успешного перехода – в отношении услуг разнообразных ресурсов, потерянных для всех обществ на планете – стремительно увеличивается. Отсутствие любого механизма, который приведет эти затраты в систему принятия решения государства или частного лица, осуществляющего переход, является значительной частью проблемы биологического разнообразия.

Таким образом, необходим экономический анализ, чтобы содействовать пониманию финансовых стимулов, с которыми сталкиваются владельцы домашнего скота при выборе между местными и импортируемыми породами, а также необходимы вмешательства для гарантирования того, что текущий процесс сельскохозяйственного развития будет совместим с сохранением и устойчивым использованием разнообразия пород домашнего скота.

Методы и ограничения экономического анализа сохранения и устойчивого использования ГРЖ

Несмотря на важность экономики сохранения ГРЖ, данному вопросу уделялось мало внимания (ФАО/ИЛРИ, 1999), хотя концептуальная структура существует для оценки биологического разнообразия в целом. Для этого есть ряд причин.

Методологические ограничения

Во-первых, существует ряд методологических трудностей, многие из которых возникли при оценке генетических ресурсов растений (ГРР). Например, Эвенсон (1991) утверждает, что измерение выгод разнообразия генетических ресурсов для развития культур чрезвычайно сложно. Генетические ресурсы редко продаются на рынках и часто являются продуктами поколений неофициальных инноваций. Таким образом, определение вклада отдельной местной породы в успех улучшенного сорта или породы будет сложным. Более того, основные материалы, используемые для селекции, сами являются результатом производственной функции и определение отдачи соответствующих факторов (например, труд, технология хозяйства, интеллектуальные ресурсы), вероятно, будет возможным только в наиболее общих чертах (Evenson, 1991; Pearce и Moran, 1994).

Тем не менее, можно перенять ряд аналитических техник для проведения такого анализа из других областей экономики. Они были рассмотрены Друкером и др. (2001) и методы были широко классифицированы на три группы на основе практической цели, для которой их можно проводить. Как видно из таблицы 17.1 сюда входят: определение адекватности затрат на программу сохранения ГРЖ, определение действительной экономической важности породы находящейся под угрозой и распределение приоритетов в селекционных программах ГРЖ.

Доступность ограниченных данных

Во-вторых, доступность данных является ограничением. Чтобы использовать данные методы, необходимо осуществить следующие мероприятия:

- Измерить параметры эффективности породы.
- Охарактеризовать действительные и потенциальные селекционные системы.
- Определить способы использования и предпочтения в признаках

Таблица 17.1 Оценка метода определения ценности ГРЖ

Метод оценки	Цель, задача или интенсивность	Лица, к которым больше всего относится метод оценки	Роль в сохранении	Тип необходимых данных	Доступность данных	Концептуальные слабые стороны или трудности
Методы определения соответствия издержек программы сохранения ГРЖ						
Методы условной оценки	Определивать готовность общества оплачивать (ГО) сохранение ГРЖ, компенсация фермеров за счет ГО за выращивание местных ГРЖ вместо экзотических или, чтобы определить предпочтения фермеров в ценности признаков чистого дохода с породы	Политические деятели, ответственные за сохранение	Определение верхнего предела экономически обоснованных затрат на программы сохранения	Предпочтения общества, выраженные в показателях ГО или готовности принять	Обычно не доступны; неохотим опрос	Трудности реагирования, при использовании в отношении нехаризматических видов или хронической генетической эрозии
Предотвращенные потери производства	Указать степень потенциальных потерь производства в отсутствие сохранения ГРЖ	Фермеры и политические деятели, ответственные за сохранение	Обосновать затраты на программу сохранения, по крайней мере, в данном масштабе	Оценка потенциальных потерь производства (напр. процент стада и рыночная ценность животных)	Рыночная ценность животных, в отношении коммерческих пород; должна быть проведена оценка потенциальной потери стада	Не является излишней мерой ценности потребителя/производителя; игнорирует воздействие замещения
Стоимость возможности	Определить стоимость поддержания разнообразия ГРЖ	Фермеры и политические деятели, ответственные за сохранение	Опередить альтернативную стоимость программы сохранения ГРЖ	Издержки производства домашнего хозяйства и чистая прибыль	Обычно не доступны; неохотим опрос	

Продолжение Таблицы 17.1 на следующей странице

Продолжение Таблицы 17.1

Метод оценки			Лица, к которым больше всего относится метод оценки		Роль в сохранении	Тип необходимых данных	Доступность данных	Концептуальные слабые стороны или трудности
Наименьшие издержки	Цель, задача или интенсивность	Определить рентабельную программу сохранения ГРЖ	Политические деятели, ответственные за сохранение; в некоторой степени фермеры и селекционеры	Определить минимальную стоимость программы сохранения	Издержки производства домашнего хозяйства и прибыльность	Обычно не доступны; необходим опрос		
Безопасная минимальная норма	Оценить компенсационные в поддержании наименее жизнеспособной популяции	Политические деятели, ответственные за сохранение	Определить альтернативную стоимость программы сохранения ГРЖ	Дифференциал издержек программы и выгод при выращивании различных пород	Обычно не доступны; необходим опрос и моделирование	Необходима оценка того, приведет ли замещение пород к избыточным выгодам сохранения местных сортов, не выражаемым в количественной форме.		
Методы определения действительной экономической важности породы								
Совокупный спрос и предложение	Определить ценность породы для общества	Политические деятели, ответственные за сохранение и стратегию животноводства; селекционеры	Стоимость потенциальных потерь, связанных с потерей ГРЖ	Интертемпоральные данные или данные на уровне фермы	Доступны в отношении коммерческих пород; обычно не доступны в отношении других; необходим опрос	Необходима те	Необходима те	Необходима те

Ферма и домашнее хозяйство, относящиеся к разным группам	Определить ценность породы для общества	Политические деятели, ответственные за сохранение и страстию животноводства, селекционеры и фермеры	Стоимость потенциальных потерь, связанных с потерей ГРЖ	Различия в стоимости для потребителя и производителя по местоположению	Обычно не доступны; необходим опрос	Необходима теневая ценовая политика в отношении домашнего труда и фуража
Доля рынка	Указание текущей рыночной ценности заданной породы	Политические деятели, ответственные за сохранение и страстию животноводства, селекционеры и фермеры	Оценить экономическую ценность заданной породы	Рыночная ценность животных по породам	Обычно доступны, но не всегда по породам	Не является излишней мерой ценности потребителя/производителя; игнорирует воздействие замещения
Права и договор на интеллектуальную собственность	Создание рынка и поддержка честного и справедливого разделения выгод ГРЖ	Политические деятели, ответственные за сохранение и страстию животноводства, селекционеры и фермеры	Создание фондов и стимулов для сохранения ГРЖ	Выплата роялти или условия контракта	Обычно доступны при существующих договоренностях такого рода, но могут быть коммерческой тайной	Ограниченное время действия контрактов
Методы определения приоритетов в программах селекции ГРЖ						
Оценка селекционной программы	Определить чистые экономические выгоды улучшения скота	Фермеры и селекционеры	Максимально увеличить экономические выгоды сохранения ГРЖ	Средства урожая и производственные издержки	Доступны в отношении коммерческих пород; обычно не доступны в отношении других; необходим опрос или исследование	Трудность разделения вклада генетических ресурсов от других издержек программы

Продолжение Таблицы 17.1 на следующей странице

Продолжение Таблицы 17.1

Метод оценки	Цель, задача или интенсивность	Лица, к которым больше всего относится метод оценки	Роль в сохранении	Тип необходимых данных	Доступность данных	Концептуальные слабые стороны или трудности
Функция генетического производства	Определить чистые экономические выгоды улучшения скота	Фермеры и селекционеры	Максимальное увеличение экономического выгоды сохранения ГРЖ	Средства урожая и производственные издержки	Доступны в отношении коммерческих пород; обычно не доступны в отношении других; необходим опрос или исследование	
Гедонистический	Определить ценность признаков	Фермеры и селекционеры; политические деятели, ответственные за сохранение	Оценить потенциальные потери, связанные с потерей ГРЖ; предотвратить предпочтения в породах	Характеристики животных и рыночные цены	Доступны в отношении коммерческих пород; обычно не доступны в отношении других; необходим опрос или исследование	Не является излишней мерой ценности потребителя/производителя; игнорирует воздействие мещення
Модель симулирования фермы	Смоделировать экономику хозяйства с улучшенными характеристиками животных	Фермеры и селекционеры	Максимальное увеличение экономического выгоды сохранения ГРЖ	Производственные ресурсы и результаты; технические коэффициенты всех основных видов деятельности	Доступны в отношении коммерческих пород; обычно не доступны в отношении других; необходим опрос	Правильное определение функции задачи фермы; агрегирование для оценки избытка потребителей может быть проблематичным

Источник: Drucker и др. (2001)

владельца домашнего скота (включая выявление значений, которые владельцы домашнего скота придают отдельным признакам и компромиссы, на которые они хотят пойти между ними) в отношении местных пород в рамках различных производственных систем и силы, воздействующие на такие факторы и внедрение альтернативных пород.

- Определить факторы, влияющие на спрос и цены на домашний скот, включая воздействие изменений, имеющих политическую подоплёку, в ценах на сельскохозяйственные товары (например, фураж или культура) и внешние производственные издержки (например, ветеринария) в контексте различного использования породы.

- Анализировать потенциальное воздействие внедрения альтернативных пород в средства к существованию, наряду с ограничениями по принятию и потенциальному доступу и механизмам распределения.

- Рассмотреть роль таких факторов, как землевладение, сельскохозяйственный потенциал, плотность населения, доступ к рынку и его интеграция, требования сертификации, налоговый режим, кредитные и расширенные программы, а также образование.

Потребности в нерыночных данных и техника опроса

В-третьих, важные нерыночные вклады (например, устойчивость к засухе и заболеваниям, пригодность для использования в качестве тяговой силы, культурные и общественные значения, домашний скот как средство финансов и страхования) домашнего скота в средства к существованию должны быть объединены в экономические модели и анализы, потому что такая информация является важной для определения соответствующих целей селекционной программы и оценки сравнительной прибыльности использования различных пород.

Однако, несмотря на обилие данных о производстве домашнего скота на национальном уровне, такая информация ограничена рядом основных пород и в основном игнорирует важные нерыночные вклады. Инициативы, такие как Информационная система ФАО по разнообразию домашних животных и Информационная система по генетическим ресурсам домашних животных Международного научно-исследовательского института животноводства только недавно обратились к этой проблеме. Таким образом, вопрос методологического выбора состоит из нехватки доступности данных и ограниченного потенциала получения соответствующих данных.

В-четвертых, вопрос доступности данных тесно связан с вопросом возможности получения данных. Это происходит, потому что большая часть

выгод, производимых местным домашним скотом в системах маржинального производства, принадлежит производителям, а не потребителям. Как следствие, генетические ресурсы этих пород были сформированы, в основном, согласно предпочтениям производителей. Таким образом, исследование должно определить и охарактеризовать данные предпочтения, чтобы определить подразумеваемую ценность генетически предопределенных признаков, как первое приближение к ценности местных ГРЖ. В системах маржинального производства, давление селекции на домашний скот направлено на создание животных, способных поддерживать удовлетворительную эффективность при ресурсах на грани рентабельности. Эффективность домашнего скота оценивается производителями, но, в основном, нерыночными критериями. Таким образом, эта та категория хозяйственных субъектов и нерыночных функций, которая нуждается в возможности обучения, чтобы извлечь экономические выгоды (Scrapa и др., 2003а). Затем возникает вопрос, как это лучше всего сделать.

Необходимость использования сельских методов оценки

В контексте эмпирических результатов исследований оценки биологического разнообразия и трудностей, возникших при применении методов и опросов в сельской местности или сектора, удаленных от рыночной экономики, Пирс и Моран (1994:94) отмечают, что «одна область дальнейшего исследования включает возможную модификацию экономических методов для использования совместно с признанным органом партисипаторных и скорых методов сельской оценки».

Методы сельской оценки были рекомендованы владельцами домашнего скота, как полезные инструменты планирования (Walters-Bayer и Bayer, 1994), способы улучшения понимания интересов владельцев домашнего скота в отношении пород и их предпочтения в производстве и функциональных признаках (Steglich и Peters, 2002), способы отбора генетических признаков в программах улучшения крупного рогатого скота (Тапо и др., 2003), способы совершенствования анализа ситуации и развития технологии (Congro, 2003), и способы содействия процессам местной инновации, в которых владелец домашнего скота является основным владельцем знаний (например, варианты фуража в системах низких внешних инвестиций) (Peters и др., 2001).

Главное, чтобы тип метода соответствовал типу необходимой информации. Во многих случаях, лучший подход включает комбинирование нескольких различных методов сельской оценки.

Результаты и обсуждение

Несмотря на упомянутые выше ограничения в отношении экономического анализа сохранения и устойчивого использования ГРЖ, где были определены подходящие методы и подходы для получения необходимых данных, был получен ряд интересных результатов.

Инструмент поддержки решений для определения приоритетов сохранения пород

Признавая большое количество местных пород домашнего скота, которые в настоящий момент находятся под угрозой, а также тот факт, что не все они могут быть сохранены, учитывая ограниченный бюджет сохранения, Симианер и др. (2003) разработали инструмент поддержки решений путем разработки системы распределения заданных бюджетов среди ряда пород, так, что предполагаемая сумма сохраняемого межвидового разнообразия максимизирована. Опираясь на работу Вейтсмана (1993), они утверждали, что оптимальным критерием для схемы сохранения, является максимальное увеличение общей полезности набора пород, который является экономически взвешенной суммой разнообразия, характеристиками породы, представленными в наборе и ценностью сохраняемых пород. Метод продемонстрирован примером 23 африканских пород крупного рогатого скота Зебу и Зенга. Результаты показывают, что средства на сохранения должны быть потрачены только на 3-9 (в зависимости от рассматриваемой модели) из 23 пород и, что эти породы не обязательно подвергаются наибольшей угрозе. Кроме того, в случае, когда модели в достаточной степени определены и необходимые данные по ключевым параметрам доступны, система может быть использована для рационального принятия решений в глобальном масштабе.

Установленные методы предпочтений (условная оценка) для нерыночной оценки

Получение данных для использования в таких инструментах поддержки решений и в других сферах, часто влечет за собой разработку ряда методов, допускающих приписывание значений многим неоцененным инвестициям и результатам производственных функций домашнего хозяйства. Тано и др. (2003a) и Скарпа и др. (2003a; 2003b) используют опыты выбора установленных предпочтений для оценки фенотипических признаков,

выраженных в местных породах домашнего скота. Адаптивные признаки и некоммерческие являются важными компонентами общей ценности животных для владельцев домашнего скота. В Западной Африке, к примеру, наиболее важными признаками для включения в цели программы улучшения породы были устойчивость к заболеваниям, пригодность для использования в качестве тяговой силы и репродуктивная эффективность. Производство говядины и молока менее важны. Исследования также демонстрируют, что эти методы не только (адаптированные из других областей экономического анализа окружающей среды) функционируют в отношении изучения ГРЖ, но они могут использоваться для исследования ценности генетически предопределенных признаков, в настоящее время, не широко признанных в популяциях домашнего скота, но желаемых кандидатов для программ селекции или сохранения (например, устойчивость к заболеваниям).

Более того, компоненты проверяют, как характеристики домашнего хозяйства определяют различия в предпочтениях в породах. Дополнительная информация может быть полезна при разработке стратегий, которые борются с настоящей тенденцией маргинализации местных пород. К примеру, они могут быть использованы для нацеливания на стимулы по сохранению пород. В случае с Мексикой, эксперимент с выбором выявляет, что, так как общая ценность, которую мелкие производители придают креольской свинье, очень схожа с ценностью других пород, потребуются минимальные стимулы для обеспечения ее непрерывного устойчивого использования.

В исследовании случая в развитой стране, Сисиа и др. (2003) демонстрируют, что дихотомический подход выбора установленных предпочтений может быть использован для оценки выгод создания программы сохранения находящейся под угрозой итальянской лошади Пентро. Используется биоэкономическая модель для оценки затрат, связанных с сохранением, и затем проводится анализ выгодности затрат. Результаты не только показывают положительную чистую приведенную стоимость, связанную с предложенной деятельностью по сохранению, но также демонстрирует, что данный подход является полезным инструментом поддержки решений для лиц, определяющих политику, распределяющих средства среди растущего числа пород животных, находящихся под угрозой вымирания.

Выявленные методы предпочтений для оценки рынка

В отличие от вышеуказанных подходов предпочтений, Джаббар и Диедхиоу (2003) демонстрируют, что выявленный гедонистический подход к предпочтениям может также использоваться для определения селекционного опыта и селекционных предпочтений владельцев домашнего скота. Анализируя эти факторы в юго-западной Нигерии, они подтверждают сильную тенденцию от пород, устойчивых к трипаносомам, особенно, Мутуру и определяют признаки, которые владельцы домашнего скота считают наименее желаемыми в данных породах, родственных другим породам Зебу. Результаты указывают, что наибольшая надежда на реализацию стратегии сохранения или устойчивого использования для пород, находящихся под угрозой, таких как Мутуру, вероятно, присутствует в других районах Западной Африки, таких как юго-восточная Нигерия, в которых трипаносомоз остается ограничением, где Мутуру больше подходит для сельскохозяйственных систем, и где продолжает существовать большой рынок для данной породы.

Агрегированная модель производительности для сравнительной (местные против гибридных) оценки эффективности

Второстепенные по важности признаки производства мяса и молока во многих производственных системах привели Айялю и др. (2003) к утверждению, что традиционные критерии оценки продуктивности неудовлетворительны для оценки продовольственного животноводства, потому что они не могут охватить нетоварные выгоды домашнего скота, и основная концепция единственного ограничивающего производственного ресурса не соответствует продовольственному производству, потому что в производственный процесс вовлечены множественные ограничивающие производственные ресурсы (домашний скот, труд, земля). Таким образом, следует обобщить в денежное выражение как можно больше функций домашнего скота (физические и социально-экономические) и связать их с используемыми ресурсами, вне зависимости от того, продаются ли эти «продукты», потребляются дома или поддерживаются для последующего использования. В восточных эфиопских горах была разработана и применена к оценке продовольственного производства коз модель широкой оценки, включающая три дополнительных показателя продуктивности на уровне стада. Результаты демонстрируют, что стада местных коз генерировали более высокие чистые выгоды в рамках улучшенного, чем традиционного управления, которое требует превалирующего мнения, что местный домашний скот неадекватно реагирует на улучшения

на уровне управления. Более того, указано, что в рамках продовольственного режима рассматриваемого производства, допущение, что гибридные козы более продуктивны и выгодны, чем местные, неверно. Таким образом, модель предоставляет более реалистичную платформу, для предложения разумных вмешательств по улучшению.

Затраты на и выгоды сохранения (различные методы)

Даже в случае, когда ценность местных пород была признана и реализовывались механизмы поддержки, можно выявить значительные недостатки. При проверке мер сохранения разнообразия животных на ферме и их потенциальных стоимости в Европейском союзе (ЕС), Сигнорелло и Паппалардо (2003) отмечают, что многие породы, находящиеся под угрозой исчезновения, согласно Реестру Глобального Наблюдения ФАО, не охвачены вспомогательными выплатами, потому что они не входят в планы сельского развития стран. Более того, в случае, когда проводятся выплаты, они не принимают во внимание различные степени угрозы исчезновения среди видов, и уровни выплат в любом случае неудовлетворительны, что означает, что не может быть все еще невыгодным выращивать местные сорта. Таким образом, необходимо пересмотреть меры ЕС по поддержке сохранения ГРЖ, если они должны соответствовать своим целям.

Стимулы для сохранения местных пород неудовлетворительны, несмотря на то, что расходы на сохранение, как выявил Друкер (публикация в прессе) невелики, он обращается к литературе безопасных минимальных норм (БМН) и адаптирует минимаксную платежную матрицу Кроуарда (1998) для рассмотрения пород, а не видов. Основная структура считает, что неопределенные выгоды сохранения местных пород домашнего скота могут поддерживаться пока также поддерживается наименее жизнеспособная популяция породы (БМН, в этом случае ФАО дает оценку «вне риска», что является эквивалентом примерно 1 000 особей). Издержки на реализацию БМН состоят из дифференциала стоимости упущенной выгоды (если имеет место поддержания местной породы, а не экзотической или гибридной. Кроме того, следует учитывать затраты на административную и техническую поддержку программы сохранения. Затем составляется эмпирический отчет затрат, с использованием данных трех экономических исследований конкретных случаев по ГРЖ, упомянутым выше (т.е. ЕС, Италия и Мексика). Результаты исследований поддерживают гипотезу, что расходы на реализацию БМН невелики (как демонстрирует таблица 17.2, в зависимости от породы, расходы

Таблица 17.2. Ежегодные затраты (в Евро) на достижение безопасной минимальной нормы (БМН) для отобранных пород домашнего скота

Изучение кон- кретного случая	PB_{exotic}	EB_{ind}	Дифференциал альтернативной стоимости для 1 000 животных	C_{ind}	Ежегодная стоимость БМН*
Креольские сви- нья, Мексика ^a	24,1	21,5	2 600	200–1 100	<2 800–3 700
Различные, Сицилия, Италия ^b	29 Овца Комисана	–12 (Овца Барбареско)	41 000	Издержки на административную и техническую поддержку не указаны детально; предположи- тельно составляют всего 5% и, следовательно, варьируются от 2 000 до 20 000 Евро/год	43 000
	15 Мальтийская коза	–27 (Коза Гиргентана)	41 000		44 000
	201 (авеглинийская лошадь)	–58 (Лошадь Роксана)	259 000		272 000
	306 (порода крупного рога- того скота Бруна)	–53 (Итальянские по- роды крупного рога- того скота Мидикана и Кисана)	259 000		377 000
	224 (Местный сорт свиньи)	–182 (сицилийская по- рода свиней Нера)	406 000		426 000
Лошадь Пенбро, Молизе, Италия ^c	20,8†	<–158,4‡	<179 200	Неизвестный процент издержек на административную и техни- ческую поддержку включен в производственные издержки в колонке EB_{ind}	179 200

Источники: Drucker (2005) и адаптировано из публикаций ^aScarpa и др. (2003a) ^bSignoretto и Rappalardo (2003), а также ^cCisic и др. (2003).
 C_{ind} = стоимость сохранения местной породы в рамках БМН (включает издержки на административную и техническую поддержку), EB_{ind} = прогнозируемые
 выгоды продолжения использования местной породы; PB_{exotic} = частные выгоды от замещения породы домашнего скота на основе использования экзотической
 породы.
 *Ежегодная стоимость БМН = $1\,000(PB_{exotic} - EB_{ind}) + C_{ind}$
 †Данные не сопоставимы непосредственно с другими исследованиями. Относится к неосуществленной прибыли.
 ‡Данные не сопоставимы непосредственно с другими исследованиями. Относится к «новым продажам» минус «производственные издержки», и диффе-
 ренциал альтернативной стоимости в 1 000 животных = $1000(PB_{exotic} - EB_{ind})$

Таблица 17.3. Общие результаты методов оценки, использующих данные сельской оценки, относящиеся к юкатекской креольской свинье (Мексика)

	Выгоды сохранения и устойчивого использования (€)	Затраты на сохранение (€)
Доля рынка	0,54 млн	
Предотвращенная потеря производства (только штат Юкатан)	1,21 млн	
Условная оценка (тест предпочтений городских потребителей)	1,21 млн	
Условная оценка (эксперимент выбора производителя) и подход меньшей стоимости		<2 800–3 700

Источник: Drucker и Anderson, неопубликованный материал.

Примечание: Изначальная стоимость в долл. США переведенная в Евро, по курсу 1 Евро=1,10 долл. США.

варьируются от 3 000 до 426 000 Евро в год), как при сравнении с размером субсидий, в настоящее время выделяемых животноводческому сектору (менее 1% от общего объема субсидий), так и в отношении выгод сохранения (коэффициент выгодности затрат более 2.9). Что обнадеживает, затраты представляются наименьшими в развивающихся странах, с учетом, что 70% пород домашнего скота, существующие сегодня, обитают там где риск потери выше (Rege и Gibson, 2003). Затраты, в особенности, наиболее незначительны, в случае когда такие подходы сохранения применяются в сообществах, которые все еще отдают предпочтение поддержанию местной породы. Таким образом, подходы БМН должны реализовываться при правительственной или неправительственной поддержке, в сотрудничестве с этими сообществами.

Следовательно, как было продемонстрировано, подход БМН играет свою роль в сохранении ГРЖ, но требуется более широкий количественный анализ компонентов для определения расходов на БМН до того как они будут применены на практике. Такая экономическая оценка должна охватить все рассматриваемые породы или виды, и гарантировать, что учтено как максимальное количество элементов, составляющих общую экономическую ценность.

Друкер и Андерсон предоставляют дополнительные данные, поддерживающие гипотезу, что затраты на сохранение ГРЖ, вероятно, невелики, по сравнению с выгодами. В неопубликованной работе, которая демонстрирует как данные, полученные через использование методов сельской оценки², могут быть применены к некоторым методам оценки, рассмотренным Друкером и др. (2001), они указывают что затраты на сохранение на несколько порядков меньше³ (таблица 17.3).

Более того, небольшая оценочная годовая стоимость программ сохранения и устойчивого использования местной породы свиньи предполагает, что наименее затратный подход (Brush и Meng, 1996) действительно предоставляет полезную структуру, в которой домашние хозяйства или деревни, где расходы на сохранение минимальны, может быть включен в программу сохранения. Таким образом, можно сделать весомый аргумент в пользу реализации программы сохранения и устойчивого использования, и такая программа должна незамедлительно быть проведена, в случае, если порода, в настоящий момент классифицируемая как находящаяся в критическом состоянии согласно шкале риска ФАО, не подлежит исчезновению.

Размер чистых выгод, определенных ранее, поднимает вопрос относительно того, был ли местный сорт, как прогнозируется теорией, на самом деле потерян, потому что, с частной точки зрения фермера, он менее прибылен, чем другие породы. Хотя определенные типы домашних хозяйств (например, большие, состоятельные) выразили предпочтения в отношении ценности признаков, которые поддерживают эту теория, большинство хозяйств этого не сделали.⁴

Однако мелкое производство свиньи сократилось среди всех домашних хозяйств. Таким образом, породистая популяция упала до такого низкого уровня, что такие факторы, как недостаточная доступность местного племенного скота, а не чистая прибыль фермера как таковая, определяет выбор породы.

На уровне общества, большой объем чистых выгод плана сохранения и устойчивого использования предполагает, что следует обратить внимание на ряд трудностей на рынке, если ценность выгод (например, местные породы свиньи, как источник устойчивости к заболеваниям или ценность существования для городских потребителей) подлежит использованию для целей сохранения. Кроме того, рыночные искажения внедренные посредством финансирования производства экзотических пород в коммерческом секторе находятся на значительном уровне, и уровни субсидий на несколько порядков больше, чем затраты на сохранение местных пород. Генетические ресурсы важны при поддержании продовольственных средств к существованию фермера, таким образом, они теряются из-за отсутствия минимальных финансовых средств, в то время, как крупные, угрожающие ГРЖ, субсидии предоставляются коммерческим фермерам.

Заключение

Результаты исследований, описанные в данном разделе (на основе разнообразия

видов, пород, производственных систем, местоположений и аналитических подходов), демонстрируют, что методы экономического анализа сохранения и устойчивого использования ГРЖ в действительности существуют, и в частности, при использовании совместно с методами сельской оценки, могут выявить полезные оценки ценности, которая придается рыночным, нерыночным и потенциальным свойствам породы.

Такая информация о знаниях владельцев домашнего скота, относительно характеристик породы и потребностей в управлении, а также предпочтений владельцев домашнего скота в отношении различных признаков, составляет значительный вклад в стратегии селекции и сохранения. Кроме того, может быть получена информация относительно эффективности и потенциала местных пород в рамках улучшенного управления, приоритетов сохранения породы и сравнительного размера затрат и выгод, получаемых от программ сохранения и устойчивого использования. Такие данные крайне необходимы для понимания типа и чистой себестоимости вмешательств, необходимых для содействия сохранению и устойчивому использованию ГРЖ.

Сейчас задачей является применение работы такого типа, в контекстах, когда результаты могут быть использованы для получения выгод владельцами домашнего скота и поддержки работы национальных исследователей и лиц, определяющих политику.

Примечания

Переход и замена могут происходить не только посредством замещения, но также посредством кроссбридинга и уничтожения домашнего скота, вследствие изменений в производственной системе.

Сюда входят слабоструктурированные собеседования, прямое наблюдение, материально-производственные запасы, сроки выполнения, сезонные календари, классификация по благосостоянию, классификация по предпочтениям и парная классификация. Выборки таких инструментов применялись в целевых группах, домашних хозяйствах, коммерческих фермах и уровнях рынка, с ключевыми информантами (например, местные селекционеры свиней, мясники, потребители, работники сферы животноводства), а также применялись по долготе, проведением мониторинга отобранных домашних хозяйств на протяжении 12-месячных периодов.

Схожие крупные чистые выгоды для сохранения были определены Сигнорелло и Паппалардо (2003) в случае с итальянской лошастью пентро, предполагая, что это не единичный результат.

Более того, даже в этих крупных и состоятельных домашних хозяйствах, гибрид предпочитается экзотической породе. Таким образом, остается открытым вопрос, как поддерживать чистопородную линию, которая может быть использована в

кроссбридинге.

Литература

- Ayalew, W., J. King, E. Bruns, and B. Rischkowsky. 2003. Economic evaluation of smallholder subsistence livestock production: Lessons from an Ethiopian goat development program. *Ecological Economics* 45(3):331–339.
- Brush, S. and E. Meng. 1996. *Farmers' Valuation and Conservation of Crop Genetic Resources*. Paper prepared for the Symposium on the Economics of Valuation and Conservation of Genetic Resources for Agriculture, Centre for International Studies on Economic Growth, Tor Vergata University, Rome, May 13–15.
- Cicia, G., E. D'Ercole, and D. Marino. 2003. Valuing farm animal genetic resources by means of contingent valuation and a bio-economic model: The case of the Pen-tro horse. *Ecological Economics* 45(3):445–459.
- Conroy, C. 2003. *Participatory Livestock Research: A Guide*. London: Intermediate Technology Publications.
- Crowards, T. 1998. Safe minimum standards: Costs and opportunities. *Ecological Economics* 25:303–314.
- Drucker, A. G. In press. The role of safe minimum standards in the conservation of livestock biodiversity. *International Journal of Agricultural Sustainability*.
- Drucker, A., V. Gomez, and S. Anderson. 2001. The economic valuation of farm animal genetic resources: A survey of available methods. *Ecological Economics* 36(1):1–18.
- Evenson, R. 1991. Genetic resources: Assessing economic value. In J. Vincent, E. Crawford, and J. Hoehn, eds., *Valuing Environmental Benefits in Developing Economies*. Proceedings of a seminar series held February–May 1990 at Michigan State University, Special Report No. 29.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Undated. *Extensive Pastoral Livestock Systems: Issues and Options for the Future*. Available at www.fao-kyokai.or.jp/edocuments/document2.html.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. *The Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources*. Rome: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2000. *World Watch List for Domestic Animal Diversity*, 3rd ed. Rome: FAO.
- FAO/ILRI (Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Livestock Research Institute). 1999. *Economic Valuation of Animal Genetic Resources*. Proceedings of an FAO/ILRI workshop. Rome, March 15–17. Rome: FAO.
- Hall, S. J. G. and J. Ruane. 1993. Livestock breeds and their conservation: Global review. *Conservation Biology* 7(4):815–825.
- Jabbar, M. and M. Diedhiou. 2003. Does breed matter to cattle farmers and buyers? Evidence from West Africa. *Ecological Economics* 45(3):461–472.
- Livestock in Development. 1999. *Livestock in Poverty- Focused Development*. Crewkerne, UK: Livestock in Development.
- Mendelsohn, R. 2003. The challenge of conserving indigenous domesticated animals. *Ecological Economics* 45(3):501–510.
- Pearce, D. and D. Moran. 1994. *The Economic Value of Biodiversity*. London: Earthscan.
- Peters, M., P. Horne, A. Schmidt, F. Holmann, P. C. Kerridge, S. A. Tarawali, R. Schultze-Kraft, C. E. Lascano, P. Argel, W. Stür, S. Fujisaka, K. Müller-Sämann, and C. Wortmann. 2001. *The Role of Forages in Reducing Poverty and Degradation of Natural Resources in Tropical Production Systems*. AgREN Network Paper 117, July. London: ODI.
- Rege, J. E. O. and J. P. Gibson. 2003. Animal genetic resources and economic development: Issues in

- relation to economic valuation. *Ecological Economics* 45(3):319–330.
- Scarpa, R., A. Drucker, S. Anderson, N. Ferraes- Ehuán, V. Gomez, C. Risopatron, and O. Rubio- Leonel. 2003a. Valuing animal genetic resources in peasant economies: The case of the Box Keken creole pig in Yucatan. *Ecological Economics* 45(3):427–443.
- Scarpa, R., P. Kristjanson, E. Ruto, M. Radeny, A. Drucker, and J. E. O. Rege. 2003b. Valuing indigenous farm animal genetic resources in Africa: A comparison of stated and revealed preference estimates. *Ecological Economics* 45(3):409–426.
- Signorello, G. and G. Pappalardo. 2003. Domestic animal biodiversity conservation: A case study of rural development plans in the European Union. *Ecological Economics* 45(3):487–499.
- Simianer, H., S. Marti, J. Gibson, O. Hanotte, and J. E. O. Rege. 2003. An approach to the optimal allocation of conservation funds to minimize loss of genetic diversity between livestock breeds. *Ecological Economics* 45(3):377–392.
- Smale, M., ed. 2005. *Valuing Crop Biodiversity: On- Farm Genetic Resources and Economic Change*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Steglich, M. and K. J. Peters. 2002. *Agro- Pastoralists' Trait Preferences in N 'dama Cattle: Participatory Methods to Assess Breeding Objectives*. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19–23, 2002, Mont-pellier, France.
- Swanson, T. 1997. *Global Action for Biodiversity*. London: Earthscan.
- Tano, K., M. Faminow, M. Kamuanga, and B. Swallow. 2003. Using conjoint analysis to estimate farmers' preferences for cattle traits in West Africa. *Ecological Economics* 45(3):393–407.
- Tisdell, C. 2003. Socioeconomic causes of loss of animal diversity genetic: Analysis and assessment. *Ecological Economics* 45(3):365–376.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Waters- Bayer, A. and W. Bayer. 1994. *Planning with Pastoralists: PRA and More, a Review of Methods Focused on Africa*. Eschborn, Germany: GTZ.
- Weitzman, M. 1993. What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics* February:157–183.

М. ЧЕРОНИ, С. ЛИУ И Р. КОСТАНЗА

Так как экосистемы становятся менее разнообразными, в результате преобразования и интенсификации земли, функционирование данных систем и их способность предоставлять непрерывный поток услуг человеческому обществу представляют общую проблему (Ehrlich и Wilson, 1991). Экологические последствия потери биологического разнообразия для функционирования экосистемы исследовались на протяжении более 10 лет, но только недавно интерес вызвали последствия потери сельскохозяйственного разнообразия для функций агроэкосистем. Сельскохозяйственная интенсификация привела к широко распространенному сокращению сельскохозяйственного разнообразия, измеренного на множестве различных уровней, начиная с сокращения количества сортов культур и видов домашнего скота до сокращения разнообразия сообщества почвы, до местного исчезновения ряда видов естественных врагов.

Каждый раз, когда виды исчезают в местном масштабе, теряются энергетические и питательные пути с последующим изменением эффективности экосистемы и способности сообществ реагировать на колебания окружающей среды. Монокультурные агроэкосистемы обычно демонстрируют слабую устойчивость к пертурбациям, таким как засуха, наводнение, вспышки нападений паразитов и инвазивные виды, а также к неопределенностям, связанным с рыночными колебаниями. После этого требуются большие инвестиции энергии в форме удобрений, пестицидов, гербицидов и ирригации.

Предполагается, что многофункциональное и устойчивое сельское хозяйство, в котором производство достигается с учетом функций и процессов экосистемы, и с сокращенным воздействием на другие системы, производит целый массив экосистемных услуг помимо производства съедобной и волокнистой биомассы, таких как борьба с эрозией почвы, секвестрация двуокиси углерода, круговорот питательных веществ, резерват дикой природы и источники духовного и культурного удовлетворения.

Функционирование экосистемы связано с интенсивностью и величиной процессов экосистемы, таких как основное производство, разложение на составные части и круговорот питательных веществ. Экосистемные услуги

являются функциями, которые прямо или косвенно влияют на благосостояние людей. Поскольку существуют твердо установленные меры функционирования экосистемы, такие как уровень минерализации и производства органических веществ, тяжело объяснить, что экологи определяют как экосистемные услуги. Так как экосистемные услуги представляют антропоцентрические свойства экосистем, понятие ценность, по сути, является частью их определения. По этой причине экосистемные услуги часто измеряются экономическими, а не экологическими критериями энергии и материального движения (см. Constanza и др., 1997). Хотя местная и глобальная экономики в большой степени зависят от услуг экосистемы, они обычно игнорировались коммерческими рынками и, следовательно, им придавалось небольшое значение при принятии политических решений.

Это хорошо продемонстрировано исследованием, проведенным Констанзой и коллегами (1997), экономической ценности экосистемных услуг на глобальном уровне. Исследование оценило общую экономическую ценность экосистемных услуг для планеты на основе экономических оценок экосистемных услуг 16 биомов (сообществ растений и животных, которые хорошо приспособились к различным климатическим регионам земли, таким как пустыни, луга или умеренные леса).

Авторы выявили, что оценки глобальной экономической деятельности, такие как годовой мировой валовой национальный продукт, не учитывают важного экономического вклада экосистемных услуг из различных биомов мира. Тогда как глобальный валовой национальный продукт был оценен в, примерно, 18 триллионов долл. США в год, экономическая ценность экосистемных услуг варьировалась между 16 и 54 триллионами долл. США в год, составляя в среднем 33 триллиона долл. США в год (в долларах США 1994 года). Из данного исследования не очень хорошо понятно, до какой степени различные сельскохозяйственные экосистемы способствовали общей ценности экосистемных услуг. Пахотные земли, общей стоимостью в 128 млрд. долл. США в год (0.38% от общей оценочной стоимости) делают небольшой вклад в мировой поток экосистемных услуг, помимо производства продовольствия (таблица 18.1). Однако, этот результат, в основном, является последствием ограниченной информации, доступной по экосистемным услугам в системах производства продовольствия и допущением, что пахотные земли не предоставляют места обитания для дикой природы и не представляют ценного источника рекреации. При включении систем лугов и пастбищ, большая часть которых, предположительно, подлежит различным уровням выпаса для фермерских целей, общая стоимость годовых экосистемных услуг с сельскохозяйственных земель доходит до 1.03 триллиона долл. США (3.1%

от общей оценочной стоимости). Пахотные земли, луга и пастбища делают совместный вклад, в основном, в производство продовольствия (336 млрд. долл. США), биологический контроль (121 млрд. долл. США) и услуги опыления (117 млрд. долл. США). Основными услугами, делающими вклад в компонент лугов и пастбищ сельскохозяйственных земель, являются переработка отходов (339 млрд. долл. США) и борьба с эрозией (113 млрд. долл. США). Учитывая большой масштаб данного исследования и широких категорий, используемых для определения основных биомов, эти цифры не охватывают роль различных типов использования сельскохозяйственной земли (например, производство креветок, аквакультура, обводнённые месторождения и агролесоводство), неизбежно недооценивая вклад мировых агроэкосистем.

Вне зависимости от того, какими будут окончательные цифры общего вклада агроэкосистем в благосостояние человечества, сельскохозяйственное биологическое разнообразие является тем, что поддерживает экосистемные услуги, от которых зависит наше общество. Однако оценка специфического экономического вклада сельскохозяйственного разнообразия и разнообразия в целом в ценность экосистемных услуг является большой проблемой (см. Turner и др., 2003 и Smale, 2005).

С целью экономической оценки биологического разнообразия, можно провести различие между биологическими ресурсами и биологическим разнообразием (ОЭСР, 2002). Биологические *ресурсы* являются элементами экосистем, такие как гены или виды, которые представляют непосредственную важность для человеческих экономик. Биологическое *разнообразие* представляет ценность для человеческих обществ, как источник различных экологических взаимодействий между видами, физиологической устойчивости, организации в пространстве и генетических структур, которые в итоге определяют функционирование экосистемы.

Важность экономической оценки биологического разнообразия признается Конвенцией о биологическом разнообразии (КБР). Конференция КБР решения сторон IV/10 признает, что «экономическая оценка биологического разнообразия и биологических ресурсов является важным инструментом для целенаправленных и выверенных стимулирующих мер».

Большинство исследований по оценке биологического разнообразия оценивали непосредственную ценность *биологических ресурсов* (т.е. ценность, которая легче охватывается коммерческими рынками), фокусируясь, в частности, на генетических ресурсах растений или культур, а также животных, или на прямом использовании видов растений в медицинских или декоративных целях (для ознакомления с непосредственной ценностью генетических ресурсов в улучшении культур, см. обзоры в публикациях Alston

Таблица 18.1. Краткая информация о средней глобальной ценности экосистемных услуг (в долл. США/га/год)

Биом	Площадь (га·10 ⁶)	Регулирование газа	Регулирование климата	Регулирование нарушения	Регулирование воды	Водоснабжение	Контроль эрозии	Формирование почвы	Круговорот питательных веществ	Очистка воды	Опыление	Биологический контроль	Ареал или убежище	Производство продуктов питания	Сырье	Генетические ресурсы	Рекреационная культура	Общая ценность на гектар*	Общая глобальная ценность потока †
Морской	36 302																	577	20 949
Открытый океан	33 200	38							118		5		15	0			76	252	8 381
Береговой	3 102		88						3 677		38	8	93	4		82	62	4 052	12 568
Эстуарный	180		567						21 100		78	131	521	25		381	29	22 832	4 110
Морская трава и водоросли	200								19 002					2				19 004	3 801
Коралловые рифы	62		2 750							58	5	7	220	27		3 008	1	6 075	375
Шельф	2 660								1 431		39		68	2			70	1 610	4 283
Наземный	15 323																	804	12 319
Лес	4 855	141	2	2	2	3	96	10	361	87	2		43	138	16	66	2	969	4 706
Тропический	1 900	223	5	6	6	8	245	10	922	87			32	315	41	112	2	2 007	3 813
Умеренный и северный	2 955	88			0			10		87	4		50	25		36	2	302	894
Луга и пастбища	3 898	7	0	3	3		29	1		87	25	23		67	0	2		232	906

Ботанические местности	330	133	4 539	15	3 800	4 177	304	256	106	574	881	14 785	4 879					
Болота, связанные с приливами и мангровые болота	165		1 839			6 696	169	466	162	658		9 990	1 648					
Болота и поймы	165		7 240	30	7 600	1 659	439	47	49	491	1 761	19 580	3 231					
Озера и реки	165	265		5 445	2 171	665		41		230		8 498	1 700					
Пустыни	1 925																	
Тундра	743																	
Лед и скалы	1 640																	
Пахотные угодья	1 400						14	24		54		92	128					
Городской	332																	
Итого	51 625	1 341	1 779	1 115	1 692	576	53	17 075	2 277	117	417	124	1 386	721	79	815	3 015	33 268

Источник: Адаптировано из публикации Constanza и др. (1997).

Примечание: Итоговые значения рядов и колонок представлены в долл. США - 10⁹/год. Затененные ячейки означают услуги, которые не встречаются или являются незначительными. Пустые ячейки означают отсутствие доступной информации.

*Итоговое значение на гектар в долл. США/га/год.

†Итоговая ценность глобального потока в долл. США - 10⁹/год.

и др., 1998; Evenson и Gollin, 2003). Нерыночные ценности генетических ресурсов были оценены только в нескольких случаях, включая генетические ресурсы домашнего скота (Drucker, глава 17), и, чаще всего, компоненты сельскохозяйственного разнообразия в домашних садах (Biol, 2004; Biol и др., 2004). Недавно были опубликованы две подборки исследований относительно оценки генетических ресурсов культур, хранимых в банках (Коо и др., 2004) и биологического разнообразия культурных растений в хозяйствах (Smale, 2005; также см. главу 16), обе используют первичные данные. Эти работы основываются на детальном полевом исследовании и применяют передовые методы оценки некоторых компонентов, или точек входа, биологического разнообразия.

Практически отсутствует информация относительно экономической ценности большинства компонентов биологического разнообразия для человеческого общества и, в частности, их непосредственной ценности. К примеру, разнообразие видов или функциональных групп в экологическом сообществе представляет ценность для нашего общества, в тех пределах, что оно имеет значение для предоставления услуг, от которых мы получаем выгоды, таких как круговорот питательных веществ, производство биомассы и стабильность производства биомассы. Но доказать, что разнообразие сообщества действительно имеет значение, чрезвычайно тяжело, и даже еще тяжелее определить общие экологические правила, которые могут соответствовать обширным целям экономической оценки. В этой главе мы сообщаем результаты эмпирических экологических исследований, которые измерили связь между разнообразием и функциями экосистемы (в основном в сельскохозяйственных системах), при допущении, что меры функций экосистем предоставляют полезное обозначение направления и интенсивности потока экосистемных услуг без обязательного перехода в экосистемные услуги. Мы фокусируемся в основном на роли сельскохозяйственного биологического разнообразия (вместо биологических ресурсов). Помимо предоставления доказательств на основе эмпирических экологических исследований, каждый раздел вкратце рассматривает, как экологические знания агробиоразнообразия могут применяться для передачи данных экономической оценке. Методы оценки биологического разнообразия и экосистемных услуг были ранее широко рассмотрены (Wilson, 1988; Orians и др., 1990; Drucker и др., 2001; Nunes и van den Bergh, 2001), поэтому методологические соображения не являются частью нашей дискуссии. Мы начинаем главу с обзора основных концепций и результатов исследований за 10 лет на основе литературы, посвященной биологическому разнообразию и функционирования экосистемы. Мы часто обсуждаем, как агробиоразнообразие связано со стабильностью

и устойчивостью сельскохозяйственных систем. Затем изучается роль гетерогенности места обитания в поддержке дикорастущих видов, после чего идет раздел о агробиоразнообразии в масштабе ландшафта. Завершаем наблюдениями о исследовательских потребностях при оценке связи между агробиоразнообразием и экосистемными услугами и последствиями для исследований по экономической оценке агробиоразнообразия.

Разнообразие производителей и производства биомассы

За последнее десятилетие наиболее влиятельным эмпирическим исследованием связей между биологическим разнообразием и функцией экосистемы является ряд экспериментов, воздействующих на разнообразие видов и насыщенность функциональной группы лугами (например, Naeem и др., 1994; Tilman и др., 1996, 2002; Hector и др., 1999) и водными микробными микрокосмами (анализировано Petchey и др., 2002).

Так как последние публикации в значительной степени охватывают исследование функционирования биологического разнообразия (Chapin и др., 2000; Loreau и др., 2001, 2002; Kinzig и др., 2002; см. также главы 9 и 10), мы только кратко рассматриваем центральные вопросы.

Эмпирические и теоретические исследования во многих случаях подтверждали связи между биологическим разнообразием и функционированием экосистемы, но многие связи, от незначительных до значительных, от положительных до отрицательных, были определены в зависимости от масштаба исследования (Naeem, 2001). Многие факторы, такие как плодородность участка, разрушение, размер места обитания, климат (Wardle и др., 1997), наличие или отсутствие трофических групп (Mulder и др., 1999; Naeem и др., 2000) и функциональный состав видов, могут определить связь между биологическим разнообразием и функцией экосистемы.

Несколько исследований обнаружили положительные связи между насыщенностью видов и аккумуляцией растительной биомассы (анализировано Schmid и др., 2002). Механизмы, стоящие за этими связями, долго обсуждались относительно двух основных гипотез, хотя также рассматривались альтернативные объяснения (анализировано Eviner и Chapin, 2003). Аарссен (1997), Хастон (1997) и Тилман и др. (1997b) предположили, что часто наблюдаемое увеличение первичной продуктивности на многих различных делянках могло отразить эффект выборки. Сообщество с большим количеством видов, по сути, имеет высокую вероятность включения видов с исключительными признаками. Другим объяснением воздействия

разнообразия на функционирование экосистемы является нишевая комплементарность (Naeem и др., 1995; Tilman и др., 1997a). Высокое разнообразие видов в сообществе увеличивает диапазон экологических признаков и, следовательно, многообразия доступных ниш, приводя к более эффективному использованию ресурсов в разнообразной среде. В последнее время дебаты урегулировались (Logeau и др., 2002; Naeem, 2002). Нишевая комплементарность и эффект выборки играют различные роли на различных этапах экспериментального воздействия: изначально, наблюдается реакция быстрого роста, которая кажется совместимой с механизмом выборки, на лучших делянках разнообразия, достигая продуктивности, практически равной лучшим монокультурам. После 2 или более лет, долгосрочная реакция демонстрирует лучшие делянки разнообразия, производящие более высокие урожаи, чем лучшие монокультуры, пример, который может быть объяснен внутривидовой компетенцией, вследствие нишевой дифференциации (Pascala и Tilman, 2002).

Выявляется одно общее заключение среди противоречивых результатов и интерпретаций, которые появились в результате десятилетия исследования функционирования разнообразия: роль видов в функционировании данных экспериментальных сообществ может сильно различаться. Некоторые виды могут быть незаменимыми для поддержания функционирования экосистемы так, как в случае основных видов (Paine, 1966) или экосистемных инженеров (Jones и др., 1994; Wright и др., 2002). Некоторые другие виды могут быть чрезмерными в своих экологических функциях и могут быть легко замещены другими видами с не столь существенными последствиями для функционирования экосистемы, если они станут исчезать в местном масштабе (Walker, 1992; Gitay и др., 1996; Naeem, 1998).

Как обсуждалось в 10 главе, одним из ограничений исследований функции биологического разнообразия является то, что они выполнялись небольшими контролируруемыми участками, которые далеки от имитации условий естественных или управляемых экосистем. К примеру, тяжело экстраполировать последствия исследования такого типа для сельскохозяйственных систем, где количество используемых видов культур является небольшим и ротации севооборота управляют временной динамикой системы.

Только некоторые эксперименты воздействовали на видовую насыщенность в сельскохозяйственных системах для оценки влияния производства биомасс. Результаты исследования на сенокосных полях в южной Британии демонстрируют, что восстановление видовой насыщенности на полях, которые были прежде истощены в плане видов, имело положительное воздействие на производство сена. Баллок и коллеги (2001) сообщили о 60% приросте урожая

при использовании богатого видового разнообразия в экспериментах по восстановлению сенокосных лугов на семи участках в южной Британии. На каждом участке применялось две смеси семян (со слабым видовым разнообразием, 6 ± 17 видов, и богатым видовым разнообразием, 25 ± 41 видов) в произвольном блок-эксперименте. Урожай сена был выше при использовании богатого видового разнообразия, начиная со второго года, на 60% (рис. 18.1). При сравнении двух способов на всех участках, наблюдалась простая линейная связь между различием в количестве видов и объеме увеличения производства сена. Качество фуража было одинаковым при использовании обоих способов. Это указывает на то, что фермеры могут максимально увеличить производство высококачественной травы в заново засеянных лугах за счет увеличения биологического разнообразия. Результаты данного исследования являются в особенности выдающимися, если мы предположим, что среди фермеров имеет место общее неправильное представление о том, что каждое усилие по увеличению биологического разнообразия ведет к уменьшению производства продуктов питания.

Единственным явным недостатком данного исследования является высокая стоимость смеси семян с высоким разнообразием; потребуется более значительное увеличение урожая для возмещения этих дополнительных издержек. Экологические механизмы, стоящие за наблюдаемыми моделями, являются результатами различий в количестве видов между

Применение богатого видового разнообразия имело более высокий выход сухой массы, начиная со второго года (адаптировано из Bullock и др., 2001) делянками применения и контрольными делянками, но авторы предупреждают это, потому что количество и состав видов не варьировались независимо (как это делалось в работе Hector и др., 1999), различия в составе также могли приводить к различиям в урожаях.

Экономические соображения

В данном изучение конкретного случая, экономический вклад видовой насыщенности в производство сена является непосредственным для оценки различия между результатами производства при использовании двух типов видовой насыщенности. Оценки такого рода могут быть использованы для разработки стимулов для фермеров для развития более высокого разнообразия растений в системах сенокосных полей.

Хотя, во многих случаях оценка экономического вклада видовой насыщенности культур в другие экосистемные услуги, такие как круговорот

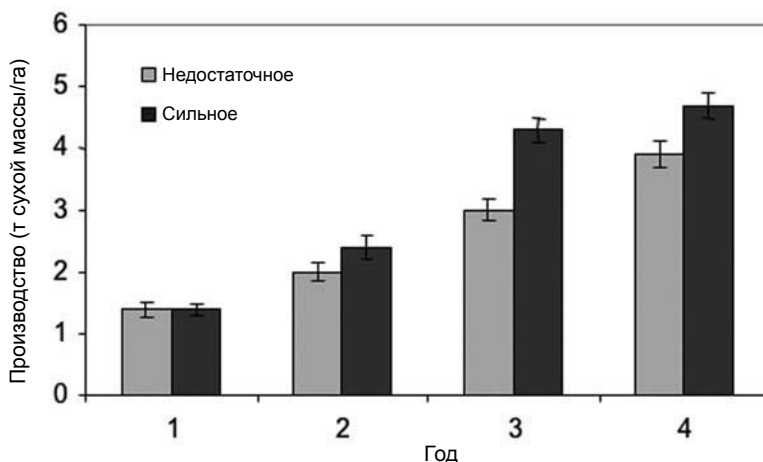


РИСУНОК 18.1. Воздействие использования биологического разнообразия на производство сена в различные годы (средний показатель по делянкам и участкам $\pm 1 SE$ (*CO-стандартная ошибка*)). Применение богатого видового разнообразия имело более высокий выход сухой массы, начиная со второго года (адаптировано из Bullock и др., 2001).

азота или регулирование CO_2 является не такой непосредственной. В наилучшем варианте развития событий, даже если предположить, что экологические причинные связи между агробиоразнообразием и функциями экосистемы были четко определены, экономическая оценка будет редко достигать достоверности за пределами изучаемого участка.

Осуществляются попытки оценить специфический экологический и экономический вклад видовой насыщенности в чистую первичную продуктивность и круговорот питательных веществ в естественных и полуестественных условиях на региональном уровне, на основе многочисленных регрессионных моделей (Costanza и др., неопубликованный материал).

Разнообразие потребителей и редуценты

Большинство исследований фокусировались на роли разнообразия первичных производителей в предоставлении фундаментальных экосистемных услуг. Однако, очень мало известно о факторах, влияющих на экосистемные услуги, предоставляемые более высокими трофическими уровнями в естественных пищевых сетях. Недавнее исследование 19 пищевых сетей «растение-

травоядное животное-паразитоид» (Montoya и др., 2003) показало, что различия в структуре пищевой сети и насыщенности видов травоядных животных влияют на уровень паразитизма на носителе, способствуя услуге, предоставляемой естественными врагами. Одним основным результатом данного исследования являлось то, что функция паразитоидов лучше в простых пищевых сетях, чем в сложных, указывая на то, что видовая насыщенность, по сути, может не являться основным фактором в предоставлении высокоуровневых экосистемных услуг при исследовании более сложных мультитрофических сообществ.

Как отметили Браун и др. (глава 9) большинство свидетельств указывают на то, что в почвах не существует прогнозируемой связи между видовым разнообразием и специфическими функциями почвы, делая затруднительным прогнозирование последствий видовой насыщенности зараженных почв (Mikola и Setälä, 1998). Во многих случаях, почвенная функция экосистемы контролируется индивидуальными признаками доминирующих видов, и, сложностью биотических взаимосвязей, которые возникают между компонентами почвенных пищевых сетей (Cragg и Bardgett, 2001).

Высокое функциональное разнообразие в микробных сообществах связывалось с высокой эффективностью использования ресурсов. Например, 21-летнее исследование, сравнивающее биодинамические, органические и традиционные фермерские системы в центральной Европе (Mäder и др., 2002) демонстрирует, что более разнообразные микробные сообщества, типичные или органически управляемые почвы, перерабатывали углерод из органического мусора в биомассу при меньших энергетических затратах.

Экономические соображения

В системах, где роль отдельных видов определяет степень заданного комплекса процессов и течение заданной экосистемной услуги, виды могут быть оценены независимо. Однако, этот случай встречается редко. Сложные экологические взаимосвязи обычно затрудняют высвобождение роли отдельных видов и воздействия разнообразия, как таковой, при поддержке отдельных функций экосистемы. Для этого, экологические экономисты оценивали биологическое разнообразие косвенно, оценивая услуги, которые поддерживает биологическое разнообразие. Например, Уокер и Янг (1986) считают, что эрозия почвы была причиной потери прибыли от сельского хозяйства в регионе Палуз, северном Айдахо и западном Вашингтоне, варьируясь от 10 до 15 долл. США/га. Эта оценка является обобщенным показателем экологических функций, отвечающих за контроль эрозии в агроэкосистемах этого конкретного региона.

Разнообразие и устойчивость в агроэкосистемах

Большинство исследований биологического разнообразия и функционирования экосистем были проведены в стабильных условиях. Обычно, агроэкосистемы подвергаются циклическим пертурбациям различной интенсивности, в результате сельскохозяйственной деятельности и непредсказуемых событий, таких как эпидемии паразитов и засуха. Однако, связь между разнообразием и функцией экосистемы может измениться в колеблющейся среде (см. главы 13 и 14).

Существует общее соглашение, что основной ролью биологического разнообразия в отношении экосистемных услуг является страховка на случай изменения окружающей среды (например, Holling и др., 1995; Perrings, 1995). Большее количество функционально схожих видов гарантирует, что, в случае, если условия окружающей среды обратятся против доминирующих видов, другие виды могут легко заместить их функции, таким образом, поддерживая стабильность экосистемы (Yachi и Loreau, 1999) и усиливая надежность экосистемы (т.е. вероятность, что система будет предоставлять постоянный уровень эффективности в течение заданного периода времени) (Naeem и Li, 1997).

К примеру, разнообразие опылителей необходимо для систем производства продуктов питания, не только потому, что широко распространено ограничение опыления наборов семян и фруктов (Burd, 1994), но, что наиболее важно, в свете текущих тенденций разрушения опылителей (Nabhan и Buchmann, 1997; Kremen и Ricketts, 2000; Cane и Tepedino, 2001, см. также главу 8). Кремен и др. (2002) выявили, что разнообразие опылителей было определяющим фактором для поддерживающих услуг опыления на традиционных (в отличие от органических) фермах в Калифорнии, вследствие ежегодного изменения состава опыляющего сообщества.

Избыток почвенных микробных сообществ является общим и важным при поддержании устойчивости почвы к пертурбациям (см. главу 9). К примеру, экспериментальные сокращения биологического разнообразия почвы посредством методов дезинфекции, демонстрируют, что почвы с наивысшим биологическим разнообразием более устойчивы к стрессу, чем почвы с ухудшенным биологическим разнообразием (Griffiths и др., 2000).

Исследования, проведенные в экстремальных регионах мира, таких как Сухая долина в Антарктиде, где почвенные сообщества намного менее разнообразны, предоставляют уникальные экспериментальные участки для работы над ролью сложности пищевой сети в функции почвы. Сообществам нематодов в данном регионе, состоящим из трех видов в лучшем случае,

обычно не хватает устойчивости и они особенно чувствительны к изменениям окружающей среды (Freckman и Virginia, 1997).

Агробiorазнообразие на генетическом уровне также предоставляет ценность гарантии перед лицом изменяющихся условий окружающей среды. Главы со 2 по 6 описывают эмпирические свидетельства того, как в системах производства продуктов питания, генетическое разнообразие обеспечивает приспособляемость и эволюцию посредством предоставления сырья для желаемых генетических признаков в культурах и домашнем скоте. В главе 15, Джонс демонстрирует, как сельскохозяйственное разнообразие и знания, заключенные в его управлении важны для разнообразия питания и здоровья человека.

Экосистемы, которые способны поглотить больший объем пертурбации, до того как их функциональность значительно изменится (т.е. более устойчивы экологически, *sensu* Holling, 1973) могут предоставлять экосистемные услуги более последовательно. Посадка сортовых смесей с различными уровнями устойчивости к паразитам оказалась успешной стратегией борьбы с грибковыми патогенами (см. также главы 11 и 12 и Zhu и др., 2002).

Устойчивость промышленных монокультур достигается посредством использования внешних ресурсов, таких как химические удобрения, пестициды и ископаемое топливо. Как отмечено в главах 12, 13, 14, 16 и 17, в менее интенсивных системах сельскохозяйственное биологическое разнообразие может предоставлять буфер для непредсказуемых экологических и рыночных колебаний. Некоторые научные сотрудники настояли на признании прочной связи между экологической и социологической устойчивостью в управляемых системах (Scoones, 1999; Folke и др., 2003; Milestad и Hadatsch, 2003). Фактически, системы могут быть экологически устойчивыми, но социально уязвимыми или социально устойчивыми, но деградирующими в экологическом плане (Folke и др., 2003). Сельскохозяйственные системы затем могут рассматриваться как социально-экологические системы, которые ведут себя как сложные адаптивные системы, в которых управляющие являются неотъемлемым компонентами системы (Conwey, 1987). В главе 13, термин *агроразнообразие* используется, чтобы связать агробiorазнообразие, управляемое разнообразие и биофизическое разнообразие в организационное разнообразие. Чтобы быть устойчивыми к природным и рыночным колебаниям, агроэкосистемы должны выдерживать нарушение, быть способными реорганизовываться после нарушения, а также учиться и адаптироваться перед лицом изменения (Walker и др., 2002). Представители Альянса устойчивости утверждают, что устойчивость является тем самым, что может и должно быть использовано, чтобы «предотвратить систему от перехода в нежелательные конфигурации

системы вопреки внешним стрессам и нарушениям» и «создать и сохранить элементы, которые позволяют системе обновить и реорганизовать саму себя после тяжелого изменения» (Walker и др., 2002). Экологические компоненты и человеческие возможности могут играть важную роль в управлении устойчивостью. К примеру, ценность гарантии сельскохозяйственного биологического разнообразия имеет признанную роль в защите устойчивости экосистемы (Heywood, 1995). Более того, сельскохозяйственные системы с высоким уровнем социальных и человеческих ресурсов являются более гибкими и более способными к объединению инноваций вопреки неопределенности (Pretty и Ward, 2001).

Экономические соображения

Определение и измерение ценности гарантии биологического разнообразия далеки от тривиальной задачи. К примеру, какая страховая премия будет выплачена для сохранения устойчивости заданной системы? Одним из вариантов будет рассмотрение стоимости содержания неустойчивой системы. В агроэкосистеме эта премия будет равна общим затратам поддержания интенсивной сельскохозяйственной деятельности посредством использования внешних ресурсов, включая затраты на пестициды и химические удобрения. Как было отмечено ранее в данной главе и в главе 8, необходимо разнообразие опылителей для поддержания устойчивости производственных систем вопреки сокращению опылителей. Саусвик и Саусвик (1992) рассчитали для каждой из 62 культур в США, степень, до которой дикие опылители могут заменить функции пчелы, если они сократятся до степени, прогнозируемой их моделью. В отсутствие компенсации со стороны диких опылителей, потери урожая люцерны оценивались в 70% от общего производства, что равнялось 315 млн. долл. США в год.

Поддержание или усиление страховой функции видов и генетического разнообразия может стоить столько же, сколько другие функции, которые связаны с благосостоянием человека, таким как производство продуктов питания и волокна. К примеру, Хейси и др. (1997) оценили потери урожая, связанные с переходом к более генетически разнообразному набору сортов пшеницы в Пакистане на уровне 10 млн. долл. США в год. Видавски и Розелл (1998), Ди Фалко и Перрингс (2003), Менг и др. (2003) и Смэйл и др. (1998) обнаружили и положительные и отрицательные связи между разнообразием сортов культур, продуктивностью культуры и непостоянством урожая, в зависимости от контекста системы земледелия. Тогда как, страховая

ценность генетического разнообразия в системах производства продуктов питания оценивалась, по крайней мере, в некоторых случаях (например, см. исследования, оценивающие стоимость программ сохранения генетических ресурсов, пересмотренные Drucker и др., 2001), отсутствуют исследования рассматривающие страховую ценность разнообразного набора функций и фенотипических признаков, предоставляемых видами культур, почвенными организмами и естественными врагами. Трудности при определении страховой ценности связаны с нематериальной природой этой услуги и неспособности правильно вычислить будущие выгоды. Кроме того, результаты исследования по оценке могут варьироваться в соответствии с воспринимаемым уровнем угрозы коллапса.

Разнообразие сельскохозяйственных ареалов и ландшафтов

Различные исследования демонстрируют, что разнообразие сельскохозяйственного ландшафта может сократить потери урожая от паразитов посредством воздействия на популяции как травоядных, так и естественных врагов (см. Andow, 1991, для ознакомления с обзором). К примеру, более здоровые популяции хищных жуужелиц могут быть обнаружены в более гетерогенных фермерских системах (где гетерогенность измеряется соотношением периметр-площадь) и в системах с более высоким видовым разнообразием культур (Ostman и др., 2001).

Состав и пространственное расположение многолетних и однолетних культур в сельскохозяйственном масштабе также могут быть важными для долгосрочной динамики хищник-популяция (Bommarco 1998; Thies и Tscharnatke, 1999).

В других случаях поликультуры не предоставили никакого преимущества популяциям естественных врагов при сравнении с монокультурами (Tonhasca и Stinner, 1991).

Противоречивые результаты экспериментов, которые воздействовали на структуру ландшафта и растительное разнообразие, могут отразиться на многообразии, связанном с различным пространственным масштабом экспериментальных участков растительности. Комплексный мета-анализ результатов, описанных в литературе, в данной области за 18-летний период, демонстрирует, что в ходе экспериментов, проведенных на небольших участках, пространственная гетерогенность оказывает сильное отрицательное воздействие на травоядных животных, участки среднего размера проявили воздействие среднего уровня, а наибольшие участки оказали незначительное

воздействие (Bommarco и Banks, 2003).

Поиск общих моделей в связи между разнообразием ландшафта и видовым разнообразием становится даже более сложным, когда изучается разнообразие во множестве таксонов (Tews и др., 2004 и список литературы к этой публикации; см. также главы 13 и 14). Эта связь в особенности зависит от, по крайней мере, трех факторов: изученных групп видов, измерения разнообразия ландшафта и временных и пространственных масштабов.

Более разнообразные сельскохозяйственные масштабы предоставляют важные ареалы не только для естественных врагов, но также для опылителей, усиливая предоставление услуг опыления (см. также главу 8). Исследование воздействия структуры сельскохозяйственного ландшафта на пчел выявило, что видовая насыщенность и избыток только диких пчел положительно отразилась на проценте полуестественных ареалов, показателе разнообразия ландшафта (Steffan-Dewenter и др., 2002). Эта взаимосвязь зависит от пространственного масштаба и групп видов. К примеру, тогда как, дикие пчелы реагировали на сложность ландшафта в малом масштабе, пчелы были связаны со структурными характеристиками ландшафта только в крупном масштабе. В других случаях, доступность подходящих ареалов фуражировки означает больше, чем гетерогенность ландшафта при определении видовой насыщенности опылителей (Steffan-Dewenter, 2003).

Видовая насыщенность птиц и млекопитающих также может быть усилена разнообразием сельскохозяйственного ландшафта. Последний анализ (Benton и др., 2003) предоставляет достаточно доказательств того, что гетерогенность ареала имеет значение для разнообразия обрабатываемой земли от отдельного поля до всего ландшафта. К примеру, птицы, питающиеся семенами, в больших количествах встречаются в районах, используемых для выпаса скота, с небольшими частями пахотных земель, чем в полностью луговых ландшафтах (Robinson и др., 2001). Некоторые виды птиц особенно зависят от открытых ареалов, предоставляемых фермерскими системами в Африке (Söderström и др., 2003), как в Европе (Pain и Pienkowski, 1997) и Центральной Америке (Daily и др., 2001).

Участки агролесоводства могут дать убежище ряду диких видов, равного или превосходящего количества, чем в первоначальных лесных участках. К примеру, Рикеттс и др. (2001) не выявили значительного различия в плотности и насыщенности видов мотылька между лесными и сельскохозяйственными фрагментами, состоящих из кофейных монокультур, кофе, выращиваемого в тени, пастбищ и смешанных ферм. Поликультурные кофейные плантации, спроектированные для имитации естественных систем, в различных случаях демонстрируют видовую насыщенность, равную или более высокую, чем

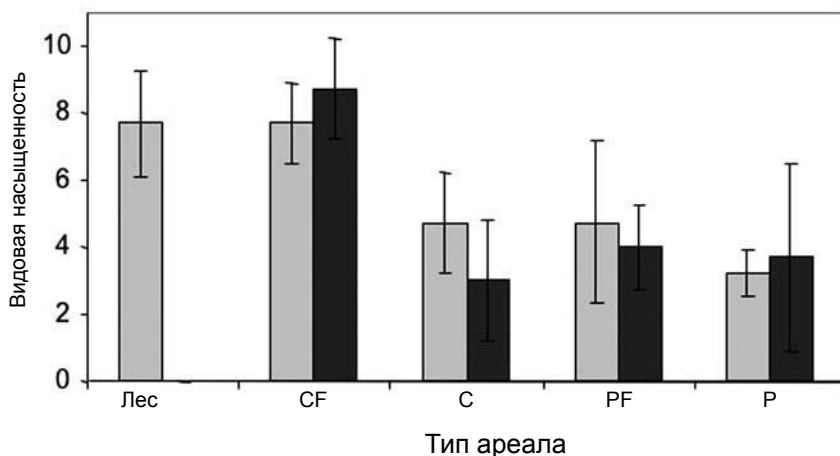


РИСУНОК 18.2. Видовая насыщенность млекопитающих и категория расстояния от большого участка леса (среднее значение ± 1 CO). Закрашенные полосы представляют участки в лесу и около (<1 км) него; черные полосы представляют участки далеко (5–7 км) от леса. Видовая насыщенность значительно различается между типами ареалов, но не расстоянием от большого леса. Небольшие остатки леса, прилегающие к плантациям кофе (CF) не отличались от большого леса видовой насыщенностью и были более насыщенны, чем плантации кофе (C), пастбища с прилегающими остатками леса (PF) и пастбища (P) (адаптировано из публикации Daily и др., 2003).

насыщенность прилегающих участков естественных лесов (рис. 18.2) (Perfecto и др., 1997; Daily и др., 2003). Сокращение в видовом разнообразии в агролесохозяйствах может наблюдаться с увеличением расстояния от лесных участков (Ricketts и др., 2001; Armbricht и Perfecto, 2003), хотя этот результат не постоянен во всех исследованиях (например, Daily и др., 2003). В Центральной и Южной Америке, плантации кофе, выращиваемого в тени, которые включают бобовые, фрукты, топливную древесину и кормовые деревья, содержат более 100 видов растений на одно поле и поддерживают до 180 видов птиц (Michon и de Foresta, 1990; Altieri, 1991; Thrupp, 1997).

Некультивируемые районы (например, прибрежный буфер, ветрозащитные полосы или пограничные посадки), улучшенные земли под паром и древесная растительность играют важную роль в поддержании биологического разнообразия сорных трав, насекомых, членистоногих и птиц (Benton и др., 2003 и список литературы к этой публикации; McNeely и Scherr, 2003). Живые изгороди и древесная растительность, предоставляя ареал для дикого разнообразия, может усилить другие экосистемные услуги, такие как стабилизация почвы, борьба с эрозией почвы и секвестрация двуокиси углерода.

Экономические соображения

Однажды была зарегистрирована сильная связь между сельскохозяйственным разнообразием ареала и разнообразием диких видов, ценность агробиоразнообразия для охраны дикой природы может быть оценена посредством расходов, связанных с обладанием биологически более насыщенной окружающей среды. С другой стороны, оценки могут включать расходы на охрану разнообразия ареалов, которое предоставляет агробиоразнообразие. К примеру, граждане Нидерландов захотели платить от 16 до 45 гильденов с хозяйства в год (соответствует 10,80 и 30,35 долл. США 2003 года), чтобы финансировать управленческую деятельность, которая усилит ареал дикой природы в голландском районе лугов (информация приведена в работе Nunes и van den Bergh, 2001).

Рекреационная и культурная роли сельскохозяйственного биологического разнообразия

Многообразие различных видов использования сельскохозяйственных земель может способствовать живописности ландшафта, с положительными последствиями для экономики местных сообществ. К примеру, известно, что эстетические свойства связаны с гетерогенностью ландшафта (Stein и др., 1999). Целые сообщества в области Тоскана в Италии получают выгоды от экономики сельского туризма, которая основывается на разнообразии сельскохозяйственных участков, варьирующихся от виноградников, пшеничных полей, пастбищ и фруктовых садов до разведения оливковых деревьев. Так же, Монтадо в области Алентехо южной Португалии является сельскохозяйственным ландшафтом с высоким уровнем разнообразия. Пробковые дубы и дубы каменные выращиваются с различной плотностью, в комбинациях с чередованием культур, земель под паром и пастбищами, предоставляя естественную, живописную и рекреационную ценность (Pinto-Correia, 2000). Другим примером региона, богатого в сельскохозяйственном плане, является провинция Пинар дель Рио на Кубе, где индустрия здорового агротуризма основывается на различных естественных достопримечательностях, рассеянных в мозаике сельскохозяйственных земель, включая поля табака, посадки сахарного тростника и фруктовых деревьев (Honey, 1999). Различные европейские страны и штаты в США имеют системы сохранения традиционного характера сельскохозяйственных ландшафтов. К примеру, Швейцария финансирует фермеров в горных районах для поддержания смеси сельскохозяйственного и природного земельного покрова, вследствие рекреационной ценности этих

гетерогенных систем (McNeely и Sherr, 2003). Организации по сохранению, такие как Земельный трастовый фонд в США, часто используют покупку прав на разработку, как способ поддержания сельского многоцелевого характера сельскохозяйственных ландшафтов, который воспринимается как источник рекреационной деятельности культурного удовлетворения.

Сельскохозяйственное биологическое разнообразие является ключевым источником нематериального благосостояния, который происходит от традиций питания, пищевого разнообразия и давнего знания (глава 15). Разнообразие растений и животных в сельском хозяйстве малого масштаба часто может служить цели личного удовлетворения или следованию семейной или клановой традиции или может отвечать духовным потребностям. К примеру, множество одомашненных растений и пород домашнего скота в различных районах мира веками предоставляли сырье для художественного выражения в тканях и других предметах ручной работы. В качестве другого примера, домашние сады культивируются не только для производства продуктов питания, но также несут декоративную и эстетическую ценность (Kumar и Nair, 2004).

Экономические соображения

Комплексная оценка ценности сельскохозяйственного разнообразия ландшафта для рекреационных целей не была проведена. Однако, источники данных изобилуют рекреационными расходами в регионах, которые составляют многообразие типов использования сельскохозяйственных земель (например, Fleischer и Tsur, 2000). Или же, ценность гетерогенности сельскохозяйственного ландшафта может оцениваться исследованиями оценки экономической ценности, которую посетители придают поддержанию ландшафта. К примеру, Дрейк (1992) выявил, что граждане Швеции готовы платить 130 долл. США/га каждый год, чтобы сохранить сельскохозяйственные земли от превращения в лес, значение, которое было выше, чем доход с сельскохозяйственного производства в большинстве регионов Швеции.

Несмотря на то, что экологи определили меры функций экосистемы (такие как биомасса для первичной продуктивности или уровень минерализации для круговорота азота), отсутствуют соответствующие количества, которые могли бы быть использованы, как единицы измерения социальной функции, связанной с сельскохозяйственным разнообразием. Во многих сельских обществах, культурная ценность отдельных видов растений находится вне понятия денежного измерения. Можно заявить, что действительная стоимость данных типов использования растений не может быть измерена. Это случаи,

когда денежные оценки услуг биологического разнообразия могут быть несоответствующими. Для вклада подобного рода должны быть разработаны альтернативные методы оценки, которые относятся к политике и принятию решений. Первый шаг в этом направлении представлен недавним исследованием, оценивающим историческую и культурную ценность разнообразия домашнего скота в Италии (Gandini и Villa, 2003). Авторы провели качественную оценку девяти местных пород крупного рогатого скота, на основе их ценности для фольклора, кулинарии, кустарных ремесел и соблюдения местных традиций.

Заключение

Услуги, которые предоставляет сельскохозяйственное биологическое разнообразие, необходимы для функционирования систем продовольственных систем поддержки. Они способствуют благосостоянию людей, прямо и косвенно, и, таким образом, представляют часть общей экономической ценности планеты.

Существует общая договоренность, что управление сельскохозяйственным разнообразием может предоставить способы увеличения производства продуктов питания, выгодно воздействуя на другие экосистемные услуги. Предполагается, что многофункциональное и устойчивое сельское хозяйство должно производить большие потоки экосистемных услуг, но степень этих вкладов и их экономическая ценность еще должна будет измерена.

Положительные результаты исследований многофункциональных сельскохозяйственных систем часто пересматриваются, потому что эти результаты обычно достигаются в малом масштабе и их тяжело регистрировать. Однако, сельское хозяйство малого масштаба является преобладающей формой сельского хозяйства во многих регионах мира и, по прогнозам, останется таким в малопродуктивных районах, где не ожидается крупных инвестиций в новые сельскохозяйственные технологии (Wood и др., 2000). Определение альтернативных экспериментальных моделей может быть важным, если будет достигнуто окончательное понимание связи между агробиоразнообразием и функциями и услугами экосистемы. Например, хорошо понятно, что крупномасштабные эксперименты в сельском хозяйстве (с участием сотни мелких фермеров) могут быть проведены только в результате сильной политической воли и с учетом, что экономические выгоды для задействованных фермеров четко спрогнозированы, как в случае с использованием смешанных сортов риса в провинции Юннань в Китае (Zhu и коллеги, глава 12).

Однако, часто выгоды для мелких фермеров от апробирования или

принятия новых практик поддержания агробиоразнообразия на их земле, не доступны или очевидны сразу же. В особенности, в случае с ценностями агробиоразнообразия, которые не прослеживаются прямо на рынке (глава 16). Сюда входит страховая ценность относительно риска и неопределенности, ценность поддержания релевантных экосистемных услуг и культурные и эстетические функции. Полная оценка этих ценностей (куда входит денежная, а также экологическая оценки) является ключом к поощрению лиц, принимающих решения, инвестировать в программы активной охраны и поддержания агробиоразнообразия. В частности, могут быть использованы экономические оценки нерыночных выгод агробиоразнообразия для определения стимулов для фермеров для принятия инновационных методов культивирования, которые могут быть выгодными для агробиоразнообразия, но могут быть экономически нежизнеспособными.

В целом, текущие методы оценки должны поддерживаться улучшенным пониманием связей между агробиоразнообразием и функциями экосистемы и определением функций, которые незаменимы.

Последние разработки в области оценки экосистемных услуг показывают географическое, основанное на информационной системе, пространственное представление данных оценки, в качестве ценного инструмента визуализации, чтобы способствовать планированию управления и определить целевые районы для сохранения. Например, в исследовании, заказанном обществом Аудубона в Массачусетсе, научным сотрудникам М.Уилсону и А.Трою удалось визуализировать нерыночные ценности экосистемных услуг на уровне водораздела (Breunig, 2003).

Пока, исследования по оценке в региональном масштабе не проводят различия между различными типами использования сельскохозяйственных земель, затрудняя оценку экономической ценности экосистемных услуг, предоставляемых сельскохозяйственными экосистемами в более крупном масштабе.

При использовании в целях информирования и пересмотра стратегии, исследования экономической оценки агробиоразнообразия должны рассматриваться, как индикационные оценки, осознавая неточности относительно действительного вклада разнообразия на различных уровнях экологической организации.

Литература

- Aarssen, L. W. 1997. High productivity in grassland ecosystems: Effected by species diversity or productive species? *Oikos* 80:183–184.
- Alston, J. M., G. W. Norton, and P. G. Pardey. 1998. *Science Under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*. Wallingford, UK: CAB International.
- Altieri, M. A. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems? *Outlook on Agriculture* 20:15–23.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561–586.
- Armbrrecht, I. and I. Perfecto. 2003. Litter- twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97:107–115.
- Benton, T. G., J. A. Vickery, and J. D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18:182–188.
- Birol, E. 2004. *Valuing Agricultural Biodiversity on Home Gardens in Hungary: An Application of Stated and Revealed Preference Methods*. PhD thesis, University College London, University of London.
- Birol, E., M. Smale, and Á. Gyovai. 2004. *Agri- environmental Policies in a Transitional Economy: The Value of Agricultural Biodiversity in Hungarian Home Gardens*. Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 117. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Bommarco, R. 1998. Reproduction and energy reserves of a predatory carabid beetle relative to agroecosystem complexity. *Ecological Applications* 8:846–853.
- Bommarco, R. and J. E. Banks. 2003. Scale as modifier in vegetation diversity experiments: Effects on herbivores and predators. *Oikos* 102:440–448.
- Breunig, K. 2003. *Losing Ground: At What Cost? Changes in Land Uses and Their Impact on Habitat, Biodiversity, and Ecosystem Services in Massachusetts*. Lincoln: Massachusetts Audubon Summary Report.
- Bullock, J. M., R. F. Pywell, M. J. W. Burke, and K. J. Walker. 2001. Restoration of biodiversity enhances agricultural production. *Ecology Letters* 4:185–189.
- Burd, M. 1994. Bateman's principle and plant reproduction: The role of pollen limitation in fruit and seed set. *Botanical Review* 60:81–109.
- Cane, J. H. and V. J. Tepedino. 2001. Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: Detection, evidence, and consequences. *Conservation Ecology* 5:1. Available at www.consecol.org/vol5/iss1/art1.
- Chapin, F. S. III, E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, M. C. Mack, and S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405:234–242.
- Conway, G. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24:95–117.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, S. Naeem, K. Limburg, J. Paruelo, R. V. O'Neill, R. Raskin, P. Sutton, and M. Van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260.
- Cragg, R. G. and R. D. Bardgett. 2001. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biology and Biochemistry* 33:2073–2081.
- Daily, G. C., G. Ceballos, J. Pacheco, G. Suzan, and A. Sanchez- Azofeifa. 2003. Countryside biogeography of neotropical mammals: Conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology* 17:1814–1826.
- Daily, G. C., P. E. Ehrlich, and G. A. Sanchez- Azofeifa. 2001. Countryside biogeography: Use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11:1–13.
- Di Falco, S. and C. Perrings. 2003. Crop genetic diversity, productivity and stability of agroecosystems. A

- theoretical and empirical investigation. *Scottish Journal of Political Economy* 50:207–216.
- Drake, L. 1992. The non- market value of the Swedish agricultural landscape. *European Review of Agricultural Economics* 19:351–364.
- Drucker, A., V. Gomez, and S. Anderson. 2001. The economic valuation of farm animal genetic resources: A survey of available methods. *Ecological Economics* 36:1–18.
- Ehrlich, P. R. and E. O. Wilson. 1991. Biodiversity studies: Science and policy. *Science* 253:758–762.
- Evenson, R. E. and D. Gollin. 2003. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300:758–762.
- Eviner, V. T. and F. S. Chapin III. 2003. Biogeochemical interactions and biodiversity. In J. M. Melillo, C. B. Field, and B. Moldan, eds., *Interactions of the Major Biogeochemical Cycles. Global Change and Human Impacts*, 151–173. Washington, DC: Island Press.
- Fleischer, A. and Y. Tsur. 2000. Measuring the recreational value of agricultural landscape. *European Review of Agricultural Economics* 27:385–398.
- Folke, C., J. Colding, and F. Berkes. 2003. Synthesis: Building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. In F. Berkes, J. Colding, and C. Folke, eds., *Navigating Social- Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, 352 –387. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Freckman, D. W. and R. A. Virginia. 1997. Low- diversity Antarctic soil nematode communities: Distribution and response to disturbance. *Ecology* 78:363–369.
- Gandini, G. C. and E. Villa. 2003. Analysis of the cultural value of local livestock breeds: A methodology. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120:1–11.
- Gitay, H., J. B. Wilson, and W. G. Lee. 1996. Species redundancy: A redundant concept? *Journal of Ecology* 84:121–124.
- Griffiths, B. S., K. Ritz, R. D. Bardgett, R. Cook, S. Christensen, F. Ekelund, S. J. So-rensen, E. Baath, J. Bloem, P. C. de Ruiter, J. Dolfing, and B. Nicolardot. 2000. Ecosystem response of pasture soil communities to fumigation- induced microbial diversity reductions: An examination of the biodiversity–ecosystem function relationship. *Oikos* 90:279–294.
- Hector, A., B. Schmid, C. Beierkuhnlein, M. C. Caldiera, M. Diemer, P. G. Dimi-trakopoulos, J. A. Finn, H. Freitas, P. S. Giller, J. Good, R. Harris, P. Higberg, K. Huss- Danell, J. Joshi, A. Jumpponen, C. Körner, P. W. Leadly, M. Loreau, A. Minns, C. P. H. Mulder, G. O. O'Donovan, S. J. Otway, J. S. Pereira, A. Prinz, D. J. Read, M. Scherer- Lorenzen, E.- D. Schulze, A.- S. Siamantziouras, D. E. M. Spehn, A. C. Terry, A. Y. Troumbis, F. I. Woodward, S. Yachi, and J. H. Lawton. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286:1123–1127.
- Heisey, P., M. Smale, D. Byerlee, and E. Souza. 1997. Wheat rusts and the cost of genetic diversity in the Punjab of Pakistan. *American Journal of Agricultural Economics* 79:727–737.
- Heywood, V. H. 1995. *Global Biodiversity Assessment*. United Nations Environmental Programme (UNEP). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1–23.
- Holling, C. S., D. S. Schindler, B. W. Walker, and J. Roughgarden. 1995. Biodiversity in the functioning of ecosystems: An ecological synthesis. In C. Perrings, K.- G. Mäler, C. Folke, C. S. Holling, and B.- O. Jansson, eds., *Biodiversity Loss: Economic and Ecological Issues*, 44–83. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Honey, M. 1999. *Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns the Paradise?* Washington, DC: Island Press.
- Hooper, D. U. and P. M. Vitousek. 1997. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science* 277:1302–1305.
- Huston, M. A. 1997. Hidden treatments in ecological experiments: Re- evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia* 110:449–460.
- Jones, C. G., J. H. Lawton, and M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373–386.

- Kinzig, A. P., D. Pimentel, and D. Tilman, eds. 2002. *The Functional Consequences of Biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Koo, B., P. G. Pardey, and B. D. Wright. 2004. *Saving Seeds: The Economics of Conserving Crop Genetic Resources Ex Situ in the Future Harvest Centres of the CGIAR*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Kremen, C. and T. Ricketts. 2000. Global perspectives on pollination disruptions. *Conservation Biology* 14:1226–1228.
- Kremen, C., N. M. Williams, and R. W. Thorp. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99:16812–16816.
- Kumar, B. M. and P. K. R. Nair. 2004. The enigma of tropical homegardens. *Agro-forestry Systems* 61:135–152.
- Loreau, M., S. Naeem, and P. Inchausti, eds. 2002. *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J. P. Grime, A. Hector, D. U. Hooper, M. A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman, and D. A. Wardle. 2001. Ecology—Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science* 294:804–808.
- Mäder, P., A. Fließbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694–1697.
- McNeely, J. A. and S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meng, E. C. H., M. Smale, S. Rozelle, H. Ruifa, and J. Huang. 2003. Wheat genetic diversity in China: Measurement and cost. In S. Rozelle and D. A. Sumner, eds., *Agricultural Trade and Policy in China: Issues, Analysis and Implications*. Burlington, VT: Ashgate.
- Michon, G. and H. de Foresta. 1990. Complex agroforestry systems and the conservation of biological diversity. Agroforests in Indonesia: The link between two worlds. In *Proceedings of the International Conference on Tropical Biodiversity*, Kuala Lumpur, Malaysia. Kuala Lumpur: United Selangor Press.
- Mikola, J. and H. Setälä. 1998. No evidence of trophic cascades in experimental microbial- based soil food web. *Ecology* 79:153–164.
- Milestad, R. and S. Hadatsch. 2003. Organic farming and social- ecological resilience: The alpine valleys of Sölkatal, Austria. *Conservation Ecology* 8:3. Available at www.consecol.org/vol8/iss1/art3.
- Montoya, J. M., M. A. Rodriguez, and B. A. Hawkins. 2003. Food web complexity and higher- level ecosystem services. *Ecology Letters* 6:587–593.
- Mulder, C. P. H., J. Koricheva, K. Huss- Danell, P. Högberg, and J. Joshi. 1999. Insects affect relationships between plant species richness and ecosystem processes. *Ecology Letters* 2:237–246.
- Nabhan, G. P. and S. Buchmann. 1997. Services provided by pollinators. In G. C. Daily, ed., *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 133– 150. Washington, DC: Island Press.
- Naeem, S. 1998. Species redundancy and ecosystem reliability. *Conservation Biology* 12:39–45.
- Naeem, S. 2001. Experimental validity and ecological scale as tools for evaluating research programs. In R. H. Gardner, W. M. Kemp, V. S. Kennedy, and J. E. Petersen, eds., *Scaling Relationships in Experimental Ecology*, 223–250. New York: Columbia University Press.
- Naeem, S. 2002. Ecosystem consequences of biodiversity loss: The evolution of a paradigm. *Ecology* 83: 1537–1552.
- Naeem, S. and S. Li. 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390:507–509.
- Naeem, S., D. Hahn, and G. Shuurman. 2000. Producer–decomposer codependency modulates biodiversity effects. *Nature* 403:762–764.
- Naeem, S., L. J. Thompson, S. P. Lawler, J. H. Lawton, and R. M. Woodfin. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368:734–737.
- Naeem, S., L. J. Thompson, S. P. Lawler, J. H. Lawton, and R. M. Woodfin. 1995. Empirical evidence that declining species diversity may alter the performance of terrestrial ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 347:249–262.

- Nunes, P. A. L. D. and J. C. J. M. van den Bergh. 2001. Economic valuation of biodiversity: Sense or nonsense? *Ecological Economics* 39:203–222.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2002. *Handbook of Biodiversity Valuation. A Guide for Policy Makers*. Paris: OECD.
- Orians, G. H., G. M. Brown, W. E. Kunin, and J. E. Swierzbinski, eds. 1990. *Preservation and Valuation of Biological Resources*, 203–226. Seattle: University of Washington Press.
- Ostman, O., B. Ekbom, J. Bengtsson, and A. C. Weibull. 2001. Landscape complexity and farming practice influence the condition of polyphagous carabid beetles. *Ecological Applications* 11:480–488.
- Pacala, S. W. and D. Tilman. 2002. The transition from sampling to complementarity. In A. P. Kinzig, D. Pimentel, and D. Tilman, eds., *The Functional Consequences of Biodiversity. Empirical Progress and Theoretical Extensions*, 151–166. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pain, D. J. and M. W. Pienkowski. 1997. *Farming and Birds in Europe: The Common Agricultural Policy and Its Implications for Bird Conservation*. Cambridge, UK: Academic Press.
- Paine, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100:65–75.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, P. Hanson, and V. Cartin. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935–945.
- Perrings, C. 1995. Biodiversity conservation as insurance. In T. Swanson, ed., *Economics and Ecology of Biodiversity Decline*, 69–77. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Petchey, O. L., P. J. Morin, F. D. Hulot, M. Loreau, J. McGrady-Steed, and S. Naeem. 2002. Contributions of aquatic model systems to our understanding of biodiversity and ecosystem functioning. In M. Loreau, S. Naeem, and P. Inchausti, eds., *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*, 127–138. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pinto-Correia, T. 2000. Future development in Portuguese rural areas: How to manage agricultural support for landscape conservation? *Landscape and Urban Planning* 50:95–106.
- Pretty, J. and H. Ward. 2001. Social capital and the environment. *World Development* 29:209–227.
- Ricketts, T. H., G. C. Daily, P. R. Ehrlich, and J. P. Fay. 2001. Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape: Biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15:378–388.
- Robinson, R. A., J. D. Wilson, and H. Q. P. Crick. 2001. The importance of arable habitat for farmland birds in grassland landscapes. *Journal of Applied Ecology* 38:1059–1069.
- Schmid, B., J. Joshi, and F. Schläpfer. 2002. Empirical evidence for biodiversity–ecosystem functioning relationships. In A. P. Kinzig, S. W. Pacala, and D. Tilman, eds., *Functional Consequences of Biodiversity. Empirical Progress and Theoretical Extensions*, 120–150. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Scoones, I. 1999. New ecology and the social sciences: What prospects for a fruitful engagement? *Annual Review of Anthropology* 28:479–507.
- Smale, M., ed. 2005. *Valuing Crop Biodiversity: On-Farm Genetic Resources and Economic Change*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Smale, M., J. Hartell, P. W. Heisey, and B. Senauer. 1998. The contribution of genetic resources and diversity to wheat production in the Punjab of Pakistan. *American Journal of Agricultural Economics* 80:482–493.
- Söderström, B., S. Kiema, and R. S. Reid. 2003. Intensified agricultural land-use and bird conservation in Burkina Faso. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99:113–124.
- Southwick, E. E., and L. Southwick. 1992. Estimating the economic value of honeybees (Hymenoptera, Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology* 85:621–633.
- Steffan-Dewenter, I. 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology* 17:1036–1044.
- Steffan-Dewenter, I., U. Munzenberg, C. Burger, C. Thies, and T. Tschamtkke. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83:1421–1432.

- Stein, T. V., D. H. Anderson, and T. Kelly. 1999. Using stakeholders' values to apply ecosystem management in an upper midwest landscape. *Environmental Management* 24:399–413.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielborger, M. C. Wichmann, M. Schwager, and F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79–92.
- Thies, C. and T. Tscharntke. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285:893–895.
- Thrupp, L. A. 1997. *Linking Biodiversity and Agriculture: Challenges and Opportunities for Sustainable Food Security*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, and P. Reich. 1997a. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277:1300–1302.
- Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, and P. Reich. 2002. Experimental and observational studies of diversity, productivity, and stability. In A. P. Kinzig, D. Pimen-tel, and D. Tilman, eds., *The Functional Consequences of Biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions*, 42–70. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Tilman, D., C. L. Lehman, and K. T. Thompson. 1997b. Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Science* 94:1857–1861.
- Tilman, D., D. Wedin, and J. Knops. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379:718–720.
- Tonhasca, A. and B. R. Stinner. 1991. Effects of strip intercropping and no-tillage on some pests and beneficial invertebrates of corn in Ohio. *Environmental Entomology* 20:1251–1258.
- Turner R. K., J. Paavola, P. Cooper, S. Farber, V. Jessamy, and S. Georgiou. 2003. Valuing nature: Lessons learned and future research directions. *Ecological Economics* 46:493–510.
- Walker, B. H. 1992. Biological diversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6:18–23.
- Walker, B., S. Carpenter, A. Anderies, N. Abel, C. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G. D. Peterson, and R. Pritchard. 2002. Resilience management in social-ecological systems: A working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology* 6:14. Available at www.consecol.org/vol6/iss1/art14.
- Walker, D. J. and D. L. Young. 1986. The effect of technical progress erosion damage and economic incentives for soil conservation. *Land Economics* 62:83–93.
- Wardle, D. A., O. Zackrisson, G. Hörnberg, and C. Gallet. 1997. The influence of island area on ecosystem properties. *Science* 277:1296–1299.
- Widawsky, D. and S. Rozelle. 1998. Varietal diversity and yield variability in Chinese rice production. In M. Smale, ed., *Farmers, Gene Banks, and Crop Breeding*, 159–187. Boston: Kluwer.
- Wilson, E. O., ed. 1988. *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press.
- Wood, S., K. Sebastian, and S. J. Scherr. 2000. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agroecosystems*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute and World Resources Institute.
- Wright, J. P., C. G. Jones, and A. S. Flecker. 2002. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. *Oecologia* 132:96–101.
- Yachi, S. and M. Loreau. 1999. Biodiversity and ecosystem functioning in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Science* 96:1463–1468.
- Zhu, Y. Y., H. R. Chen, J. H. Fan, Y. Y. Wang, Y. Li, J. B. Chen, J. X. Fan, S. S. Yang, L. P. Hu, H. Leung, T. W. Mew, P. S. Teng, Z. H. Wang, and C. C. Mundt. 2002. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406:718–722.

«Объединив усилия и опыт различных и высококвалифицированных специалистов, данная книга рассматривает широкий круг вопросов, до сих пор не связанных четко. Глобальная перспектива, что делает книгу самым авторитетным источником по вопросам агробиоразнообразия на сегодняшний день».

— Томас К. Рудель, Университет Рутджерса

Данная книга рассматривает как фермеры управляют, поддерживают и получают выгоду от биологического разнообразия в системах сельскохозяйственного производства. Она включает в себя новейшие исследования и разработки в области поддержания местного разнообразия на генетическом, видовом и экосистемном уровнях. Разделы книги охватывают оценку и практику управления разнообразием сельскохозяйственных культур, животноводством, водного и ассоциированных с ним другим разнообразием, например опылители и почвенные микроорганизмы, в сельскохозяйственных экосистемах со стороны фермеров; изучают потенциальную роль разнообразия в уменьшении воздействия вредителей и болезней и представляют результаты исследований, которые иллюстрируют потенциал в области питательности, экосистемных услуг и экономической стоимости данного разнообразия в изменяющихся экономических и экологических условиях. Данная книга содержит в себе результаты многочисленных конкретных исследований, которые демонстрируют, как фермеры используют альтернативные подходы в управлении биоразнообразием в целях повышения стабильности, устойчивости и производительности своих фермерских хозяйств. Указывая путь к улучшению биоразнообразия в глобальных масштабах, данный материал является обязательным для ознакомления для специалистов по охране природных ресурсов, экологов, ботаников, зоологов, генетиков, и для тех, кто заинтересован в здоровье нашей экосистемы.

ДЕВРА И. ДЖАРВИС является старшим научным сотрудником в области агробиоразнообразия и экосистеме в Программе «Разнообразие для обеспечения средств к существованию» Bioversity International в г. Рим, Италия. Она является основным автором *Учебного пособия по In Situ сохранению в условиях хозяйства (on-farm)* и «Глобальная перспектива богатства и равномерности распространения разнообразия традиционных культур и сортов, поддерживаемых фермерскими сообществами», опубликованных в журнале PNAS вместе с двадцатью восемью соавторами из пяти континентов мира.

КРИСТИН ПЭДОК работает куратором Мэтью Перри Калбрайт по экономической ботанике в Нью-Йоркском Ботаническом Саду и работала первым помощником научного координатора всемирного Проекта по управлению народонаселением, землепользованием и сохранением окружающей среды (PLEC-UNU). Она также является автором и редактором ряда книг, в том числе *Сохранение Неотропических лесов: работа с использованием традиционных ресурсов и с жителями влажных тропиков*.

Х.Д. КУПЕР работает старшим сотрудником программы по внедрению и технической поддержке в Секретариате Конвенции о биологическом разнообразии (КБР) в Монреале. Он является координатором и основным автором первого доклада Организации ООН по Вопросам Продовольствия и Сельского хозяйства, по *Состояние генетических ресурсов растений в мире* и ведущим автором глав «Продовольствие» и «Культивируемые системы» доклада *Оценка экосистем на пороге тысячелетия*.

Иллюстрации на обложке предоставлены : слева Джеффри Хавтином;

в центре и справа Деврой И. Джарвис.

Дизайн: Миленды Нан Ок Лее

ISBN: 978- 92-9043- 822-9



9 789290 438229 >



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



IDRC CRDI



UNITED NATIONS
UNIVERSITY



CBD